SCHRIFTEN 2020 75 DES NATURWISSENSCHAFTLICHEN VEREINS FÜR SCHLESWIG-HOLSTEIN

ISSN 0077-6165 EISSN 1867-7428

Gegründet 1873

Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein

Band 75
März 2020
Hansadruck
Kiel

Herausgegeben vom
Naturwissenschaftlichen Verein
für Schleswig-Holstein

Schriftleitung
Dr. P. Borkenhagen, Säugetierkundliche Arbeitsgemeinschaft Schleswig-Holstein
Satz: Birger Reibisch, Mönkeberg

Wissenschaftliche Gutachter
anonym

Aktuelle Redaktionsanschrift
Dr. Peter Borkenhagen, Schrevendorf 42, 24253 Probsteierhagen
borkenhagen.sag@t-online.de

www.schriften.uni-kiel.de

Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein ist eine Plattform für Publikationen der Mitglieder des herausgebenden Vereins, deren Artikel bevorzugt veröffentlicht werden. Beiträge von Nicht-Mitgliedern sind ebenfalls willkommen.

Beitragsunterlagen für die Mitgliedschaft im Naturwissenschaftlichen Verein für Schleswig-Holstein erhalten Sie unter **www.nwvsh.uni-kiel.de/kontakt.htm** oder beim Vorstand: Dr. Elena Nikulina (elena.nikulina@schloss-gottorf.de) / Dr. Ulrich Schmölcke (ulrich.schmoelcke@schloss-gottorf.de) / Dr. Peter Borkenhagen (borkenhagen.sag@t-online.de).

NATURWISSENSCHAFTLICHER VEREIN FÜR SCHLESWIG-HOLSTEIN E.V.

Der Mitgliedsbeitrag beträgt 20 € pro Jahr und beinhaltet den Bezug der Zeitschrift. Internetseite des Naturwissenschaftlichen Vereins **www.nwvsh.uni-kiel.de**

Redaktionsrichtlinien

Forschungsartikel, Reviews, Kurzberichte und Essays aus dem Bereich der Naturwissenschaften können in deutscher oder englischer Sprache eingereicht werden. Gerne nehmen wir auch Manuskripte von jungen Forschern entgegen, die ihren Beruf erst erlernen. Redaktionelle Betreuung wird gewährleistet.

Die Veröffentlichung erfolgt nach einem Peer-Review Verfahren. Die publizierten Artikel werden in einer PDF-Version zusätzlich auf der Internetseite des Vereins frei zugänglich gemacht.

Die Manuskripte sollten in elektronischer Form als docx- oder rtf-Datei eingereicht werden. Tabellen (xlsx, rtf) und Abbildungen (tiff, 300–600 dpi) in separate Dateien platzieren.

Fußnoten sind zu vermeiden. Sonstige Formatierungen an die Vorgaben der aktuellen Ausgabe anpassen.

Manuskriptaufbau

Überschrift; Autorennamen mit Anschriften (bei dem korrespondierenden Autor muss sie vollständig sein); Zusammenfassung; bis zu fünf Schlüsselworte; Einleitung (für Forschungsartikel); Methoden (für Forschungsartikel); Ergebnisse (für Forschungsartikel); Diskussion (für Forschungsartikel); Literatur; Englischer Titel; Englische Zusammenfassung (Summary)

Bei Manuskripten in englischer Sprache ist keine deutsche Zusammenfassung erforderlich.

SCHR NATURWISS VER SCHLESW-HOLST 75 3–16 Kiel III-2020
RESEARCH PAPER

Spitzmäuse *Soricidae* auf schleswig-holsteinischen Nordsee-Inseln

Peter Borkenhagen
Probsteierhagen

Auf der Grundlage von eigenen Gewölluntersuchungen, Fangergebnissen, Zufallsfunden und Literaturstudien wird das Vorkommen von Spitzmäusen auf schleswig-holsteinischen Nordseeinseln nach dem derzeitigen Kenntnisstand dargestellt. Auf Helgoland wurden Hausspitzmäuse *Crocidura russula*, auf der Helgoländer Düne Zwergspitzmäuse *Sorex minutus* nachgewiesen, letztere sind auch auf Föhr und Sylt verbreitet. Auf Amrum kommt die Gartenspitzmaus *Crocidura suaveolens* vor. Auf Sylt wurden außerdem Wald- und Wasserspitzmäuse *Sorex araneus, Neomys fodiens* festgestellt. Von Nordstrand und Pellworm liegen seit 1930 keine Nachweise der seinerzeit offensichtlich häufigen Wasserspitzmäuse vor, auf Nordstrand wurden Waldspitzmäuse gefangen.
Die Besiedlung Sylts wurde durch den Dammbau möglich, ebenso die Einwanderung nach Nordstrand. Die Vorkommen von Zwergspitzmäusen auf Föhr und Sylt werden für autochthon gehalten. Die Gartenspitzmäuse auf Amrum sowie die Zwergspitzmäuse auf der Helgoländer Düne sind Neozoen, die durch transportiertes Material verschleppt wurden.

Crocidura, Neomys, Sorex, schleswig-holsteinische Nordseeinseln, Neozoen

EINLEITUNG

Inselpopulationen von Pflanzen und Tieren weckten bei Biologen schon immer großes Interesse, zumal insbesondere kleinere Inseln aus der Sicht der Evolution und Genetik wichtige ‚Forschungslabore' bieten. Auch Naturschutzaspekte waren Gegenstand vieler Untersuchungen, insbesondere die Problematik der Einbürgerung neuer Arten (Lever 1985).

Auch mit der Säugetierfauna der schleswig-holsteinischen Inseln beschäftigten sich verschiedene Arbeiten, genannt seien hier Mohr (1929), Beringen et al. (1980), Laar (1981) und Witt (1991/1992).

Diese Betrachtung beschränkt sich auf die Familie der Spitzmäuse *Soricidae*. Sie soll den derzeitigen Wissensstand vermitteln: Welche Arten wurden auf den einzelnen Inseln nachgewiesen, welche Fragen bestehen hinsichtlich des aktuellen Status, und handelt es sich um ‚Alt-' oder ‚Neubürger'?

UNTERSUCHUNGSGEBIET, MATERIAL UND METHODE

Die Inseln der schleswig-holsteinischen Nordseeküste lassen sich fünf Typen zuordnen: Helgoland mit der Düne nimmt als Felseninsel eine Sonderstellung ein. Durch Salztektonik

sind mesozoische Schichten an die Erdoberfläche gedrückt worden. Sie wurden durch die Eiszeiten und den nachfolgenden Wiederanstieg des Meeresspiegels überformt. Bis vor 8000 Jahren war der Bereich noch mit dem Festland verbunden.

Roter Buntsandstein mit einer dünnen Auflage von Geschiebemergel bildet die Hauptinsel. Sie ragt bis zu 50 Meter über den Meeresspiegel auf. Auf der Ostseite ist das Unterland vorgelagert. Durch die Sprengung 1951 entstand im Süden das Mittelland. Die Düne war noch in historischer Zeit ein mit ihr verbundenes Felsmassiv aus Muschelkalk. Durch Kreideabbau und zwei Sturmfluten zu Beginn des 18. Jahrhunderts kam es zur Trennung der beiden Teile. Die Düne entwickelte sich auf dem Muschelkalksockel durch angeworfenes Flintsteingeröll der angrenzenden kreidezeitlichen Schichten und Sandaufwehungen. Der Abstand der beiden Inseln zum Festland beträgt etwa 60 Kilometer (Degn & Muuß 1966).

Während die nordfriesischen Inseln Reste einer zusammenhängenden Landmasse sind, die durch den nacheiszeitlichen Meeresspiegelanstieg und Sturmfluten zerrissen wurde, ist Trischen eine Düneninsel, die erst in der Mitte des 19. Jahrhunderts auf der Leeseite Marschen entwickelte. Sie wurden eingedeicht und bis 1942 landwirtschaftlich genutzt. In dieser Zeit gab es Kaninchen und Zwergmäuse auf der Insel. Eine Sturmflut setzte dem ein Ende.

Die nordfriesischen Inseln lassen sich drei Typen zuordnen: Geestkerninseln (Sylt, Föhr, Amrum), Marscheninseln (Pellworm, Nordstrand) und Halligen (Oland, Langeneß, Gröde, Habel, Hooge, Nordstrandischmoor, Norderoog, Südfall, Süderoog).

Sylt und Amrum sind geprägt durch große Dünen- und relativ geringe Marschenanteile, Föhr gliedert sich in einen etwas größeren nördlichen Marsch- und einen südlichen Geestbereich. Durch den Bau des Hindenburgdammes (1927) konnten einige Säugetierarten Sylt erreichen und besiedeln.

Pellworm und Nordstrand sind reine Marscheninseln, die durch Deiche geschützt sind. Nordstrand wurde schon früh (1906) mit einem Damm an das Festland angebunden, der 1934 die jetzige Form erreichte, und hat durch die Abdeichung der Nordstrander Bucht (1987), jetzt Beltringharder Koog, inzwischen Festlandcharakter angenommen. Für Säugetiere des angrenzenden ‚Festlandbereiches' ist die Besiedlung Nordstrands möglich geworden.

Die Halligen sind allenfalls durch Sommerdeiche geschützt. Bei Sturmfluten erleben sie ‚landunter'. Das macht eine dauerhafte Besiedlung mit Säugetieren unmöglich. Oland, Langeneß und Nordstrandischmoor sind über Lorendämme mit dem Festland verbunden. Auf diese Weise sind sie für Füchse, Marder und Wanderratten zugänglich geworden.

Für diese Übersicht über die Spitzmausfaunen der Inseln wurden die Ergebnisse vieler Gewölluntersucher früherer Jahre, eigene Analysen von Schleiereulengewöllen (Föhr) und Sumpfohreulengewöllen (Amrum, Sylt) herangezogen. Die faunistische Literatur und Sammlungsmaterial wurden gesichtet.

VERBREITUNG DER SPITZMAUSARTEN

Feldspitzmaus *Crocidura leucodon*

Für diese Art gibt es nur einen kryptischen Hinweis: Im Nachlass von Prof. Dr. Heinz Scherf, der regelmäßig Exkursionen mit Studenten nach Sylt machte, fand sich ein mit „Sylt" beschrifteter Schädel ohne Angaben zu genauem Fundort und Funddatum. Nicht belegt sind die Angaben von Wedemeyer (1985) und die in den Betreuerberichten des DBV (1983–1985), die die Art in der Vogelkoje Kampen festgestellt haben wollen. Es ist eher unwahrscheinlich, dass die Art auf

Sylt vorkommt. Quedens (1983) verwendet den Namen Feldspitzmaus offensichtlich für die Zwergspitzmaus. Auf dem Festland ist sie im Kreis Rendsburg-Eckernförde verbreitet, wo sie erstmals 1976 durch Schleiereulengewölle nachgewiesen wurde (Reichstein & Bock 1976).

Hausspitzmaus *Crocidura russula*

Einen frühen Überblick über die Fauna Helgolands gibt Dalla Torre (1889). An Kleinsäugern nennt er die Hausmaus. Dass es früher auch Maulwürfe gab, geht aus Gerichtsakten hervor, die das Ausgraben von Maulwürfen verboten (Dalla Torre 1889). Caspers (1942) erwähnt als weiteren Kleinsäuger die Wanderratte. Auch Kirk (1970) kann die Liste nicht erweitern. So überraschte 2011 die Mitteilung von O. Hüppop, dass vier Hausspitzmäuse auf der Hauptinsel gefunden worden seien. Durch weitere Aufsammlungen von O. Hüppop und J. Dierschke sind bis jetzt insgesamt 84 Individuen geborgen worden und befinden sich als Skelette in meiner Sammlung.

Tabelle 1 Fundorte gefangener oder tot aufgefundener Hausspitzmäuse.

FUNDORT	n	FUNDORT	n
Fanggarten der Vogelwarte	37	Vorort	1
Kleingärten	17	Friedhofmauer	1
Oberland Ost	6	Mittelland	1
Oberland ohne nähere Angaben	5	Unterland	1
NO-Gelände	3	Kurpark	1
Oberland Ort	1	NO-Strand	1
Ostort	1	Helgoland ohne nähere Angaben	7

Abbildung 1 Hausspitzmaus, aufgenommen am 27. 8. 2011 im Mittelland, Foto: S. Rathgeber.

Tabelle 2 Beutetiere und Nahrungsbestandteile von 24 Tieren. Leere Magen-Darm-Trakte wurden nicht berücksichtigt.

BEUTETIERE UND NAHRUNGSBESTANDTEILE	RELATIVE HÄUFIGKEIT	PROZENTUALE HÄUFIGKEIT (N = 24)
Regenwürmer	4	16,7
Regenwurmborsten	1	4,2
Nacktschnecken	5	20,8
Gehäuseschnecken	2	8,3
Asseln	3	12,5
Spinnen	3	12,5
Milben	1	4,2
Geophilidae i.w.S.	3	12,5
Käfer	7	29,2
davon Curculionidae	2	8,3
Käferlarven	2	8,3
Dipteren	7	29,2
davon „Mückenartige“	2	8,3
Dipterenlarven	1	4,2
Lepidopterenlarven	3	12,5
Insektenlarven	5	20,8
Insekteneier (?)	3	12,5
Chitinteile	2	8,3
Milch (?)	1	4,2
Grashalme	1	4,2
Sand	1	4,2

Die meisten Tiere sind Katzen zum Opfer gefallen. Unsinnigerweise wurden offensichtlich von Kleingärtnern Schlagfallen aufgestellt, in denen sich neben Hausspitzmäusen auch Helgoländer Hausmäuse (Rote Liste Säugetiere: R – extrem selten) fingen (Borkenhagen 2014). Drei weitere Tiere wurden fotografiert. Die Fundorte sind in Tabelle 1 angegeben.

Auf dem schleswig-holsteinischen Festland kommen Hausspitzmäuse im Kreis Steinburg, im südwestlichen Teil des Kreises Rendsburg-Eckernförde und im Bereich Ostholsteins zwischen der Kieler Förde und der Lübecker Bucht vor. Helgoland weist das einzige, offensichtlich stabile Vorkommen auf einer schleswig-holsteinischen Nordseeinsel auf. Oliver Nüssen (27. 8. 2011) stellte fest: „Ein ebenfalls eher neues Phänomen sind die derzeit auf der gesamten Insel zu hörenden Spitzmäuse“. Da alte Nachweise fehlen, ist davon auszugehen, dass die Gründertiere mit Heu oder Stroh für dort gehaltene Weidetiere eingeschleppt wurden, also Neozoen sind.

Von 21 Tieren wurde der Magen-Darm-Inhalt analysiert (Tab. 2). Offensichtlich werden alle erreichbaren Wirbellosen verzehrt. Ein Magen-Darmtrakt enthielt drei Bandwürmer, zwei weitere sechs bzw. zwei Nematoden.

Von sechs Tieren wurde die Darmlänge gemessen (frei hängend). Sie lag zwischen 232 und 360 Millimeter. Viele Spitzmäuse, die im Winter gefangen wurden, waren extrem fett.

Gartenspitzmaus *Crocidura suaveolens*

Die Gartenspitzmaus ist eine östliche und südeuropäische Art, die in Deutschland östlich der Linie Odermündung – Bodensee verbreitet ist. Überraschenderweise ließ sie sich 2008 in Schleiereulengewöllen aus Oldsum/Föhr mit einem Individuum nachweisen (Tab. 3).

„Am 3. 8. 2010 fand A. Klinge am Strand des NSG ‚Amrum Odde' in einer von Kindern gegrabenen Kuhle eine durchnässte kleine Weißzahnspitzmaus. Er setzte sie in die Düne, wo sich das Tier alsbald erholte. Eine Artbestimmung anhand der Belegfotos (Abb. 2) war nicht möglich" (Borkenhagen 2011). Im Nachhinein dürfte es sich um den ersten Beleg der Art für die Insel Amrum handeln. 2015 und 2016 konnten in Brutzeit-Gewöllen der Sumpfohreule von der Insel zehn bzw. fünf Gartenspitzmäuse nachgewiesen werden.

Abbildung 2 Die oben erwähnte Crocidura von Amrum, Foto: A. Klinge.

Tabelle 3 Kleinsäuger aus Gewöllserien von Föhr und Amrum. T. a.: Schleiereule, A. f.: Sumpfohreule, römische Ziffern: Monate, Fr.: Frühjahr.

FUNDORT	FÖHR TOFTUM	FÖHR OE-VENUM	FÖHR TOFTUM	FÖHR TOFTUM	AMRUM ODDE	AMRUM ODDE
EULENART	T. A.	T. A.	T. A.	T. A.	A. F.	A. F.
SAMMELDATUM	IV/08	VI/08	FR. 09	FR. 13	3. 7. 15	VII/16
ANZAHL D, GEWÖLLE		33	KASTEN-INHALT		CA. 12*	CA. 3**
Zwergspitzmaus	188	147	776	24	---	---
Wasserspitzmaus	---	---	1	---	---	---
Gartenspitzmaus	1	---	---	---	10	5
Zwergmaus	51	165	186	2	---	---
Waldmaus	52	5	309	---	4	---
Wanderratte	6	7	50	16	3	1
Hausmaus	46	2	281	1	---	---
unbest. Muriden	7	---	86	---	---	---
Schermaus	---	1	1	1		
Feldmaus		---	1	1	13	3
Erdmaus	---	---	---	---	2	---
Summe	**351**	**327**	**1691**	**43**	**32**	**9**

Abbildung 3 Einer der drei Totfunde der Gartenspitzmaus von Amrum Odde (Sammlungs-Nr. CB 1098).

Vier Anfang November gesammelte, jahreszeitlich nicht datierbare Gewölle enthielen einen kompletten Schädel und einen linken Unterkieferast. Die hohe Anzahl in relativ wenigen Gewöllen lässt auf eine etablierte Population schließen (Tab. 3).

Im Juli 2016 fand H. Volmer im NSG ‚Amrum Odde' drei tote Gartenspitzmäuse in mehr oder weniger gutem Erhaltungszustand. Die Skelette befinden sich in der Sammlung des Autors.

Nach den bisherigen Befunden ist ein sicheres Vorkommen nur auf Amrum vorhanden, vor allem auf der Odde, einem dünengeprägten Naturschutzgebiet am Nordende der Insel.

Der Einzelfund von Föhr ist wahrscheinlich auf ein auf Amrum erbeutetes Individuum zurückzuführen. Bei insgesamt 2412 in Schleiereulengewöllen von Föhr vorgefundenen Kleinsäugern hätte die Erbeutungsrate höher sein müssen.

Was die Amrumer Gartenspitzmäuse anbetrifft, ist anzunehmen, dass sie, z. B. mit Reet, aus Südosteuropa, verfrachtet wurden, siehe zu der Problematik auch Böhme & Grell (2013), die sich mit der Einschleppung von Ringelnattern beschäftigen. Es handelt sich also um Neozoen.

Wasserspitzmaus *Neomys fodiens*

Erste Angaben zur Verbreitung der Wasserspitzmaus auf den nordfriesischen Inseln finden sich bei Mohr (1929): „Wasserspitzmaus sah ich nirgends in der Provinz so häufig, wie auf Nordstrand und zwar beide Male, in denen ich die Insel besuchte. Lebend in allen süßen Gewässern und tot auf Wegen und Stegen sah ich bei dem kurzen Weg von Süden nach Odenbüll 14 Stück." „Wasserspitzmäuse kommen [auf Pellworm] in bemerkenswerter Zahl im Süßwasser vor."

Ein Vorkommen auf den Halligen schließt sie aus.

Bei Fallenfangaktionen auf Föhr, Amrum, Nordstrand, Pellworm, Hooge, Langeneß, Nordstrandischmoor, Oland und Gröde konnten Beringen et al. (1980) keine Wasserspitzmäuse nachweisen, und Laar (1981) hält die Art auf Nordstrand und Pellworm für ausgestorben. Leider liegen von diesen beiden Inseln keine Gewöllaufsammlungen vor.

Zimmermann (1935) listet die Kleinsäuger der Insel Sylt in einem Beitrag dieser Schriftenreihe auf, erwähnt die Art aber nicht. Nach Sylt ist Neomys offensichtlich erst nach dem Dammbau 1927 eingewandert. Die Sammlung der Speziellen Zoologie der Christian-Albrechts-Universität Kiel enthält vier Schädel und Bälge, die im September 1966 im Rantumbecken gesammelt wurden, sowie Schädel und Balg eines weiteren Exemplars aus dem gleichen Zeitraum mit der Fundortangabe „Sylt". Betreuerberichte des

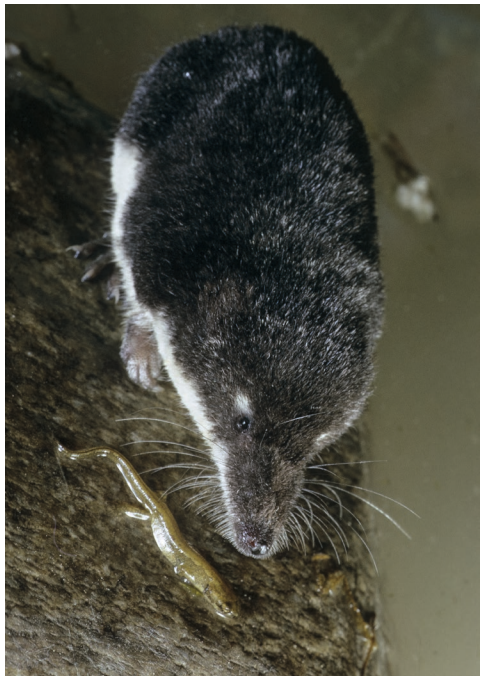


Abbildung 4 Wasserspitzmaus, Foto: F. Hecker.

Tabelle 4 Gewölldaten aus Literatur und eigenen Untersuchungen

FUNDORT	SYLT BETHGE 66 (UNVERÖFF.)	SYLT HARTWIG & PFANNKUCHE 76	NSG MORSUM KLIFF	NSG MORSUM KLIFF	NSG MORSUM KLIFF
EULENART	**A. O.**	**A. O.**	**A. F.**	**A. F.**	**A. F.**
SAMMELDATUM	**1966**	**1973-75**	**2002**	**WINTER 2014/15**	**I/II/16**
ANZAHL D, GEWÖLLE		**721**			**~215**
Zwergspitzmaus	2	1	2	---	3
Waldspitzmaus	16	16	21	---	33
Zwergmaus	16	21	3	5	7
Waldmaus	---	47	2	4	14
Wanderratte		1	1	1	2
Hausmaus		1		---	---
unbest. Muriden	63	19	3	---	---
Schermaus	2	7	1	---	---
Feldmaus	1080	819	49	59	335
Erdmaus	---	87	6	17	90
Summe	**1179**	**1019**	**88**	**93**	**484**

Vereins Jordsand führen zwei Fallenfänge in der Eidum Vogelkoje an. Der Betreuerbericht 1984 des Söl'ring Foriining nennt Vorkommen für Nord-Sylt. Menzel (1995) fing ein Tier im Lister Koog. Wasserspitzmäuse scheinen nur stellenweise auf der Insel vorzukommen, da geeignete Lebensräume knapp sind.

Von Föhr liegt ein Gewöllnachweis vor (Tab. 3). Ob das Tier auf der Insel erbeutet wurde, ist fraglich, vermutlich gelangte es im Magen der Schleiereule auf die Insel. Bei einem stabilen Bestand wären höhere Anteile im Gewöllmaterial zu erwarten gewesen.

In den angrenzenden Marschen des Festlands ist die Wasserspitzmaus verbreitet. Die Besiedlung von Sylt ist also eine Arealausweitung, die allerdings erst durch den Menschen möglich geworden ist.

Waldspitzmaus *Sorex araneus*

Mohr (1929, 1931) hat noch keine Kenntnisse über die Verbreitung dieser Art auf den großen nordfriesischen Inseln. Beringen et al. (1980) konnten die Art an vielen Stellen Nordstrands durch Fallenfänge nachweisen. Von Pellworm sind keine Nachweise bekannt.

Umfangreiche und wiederholte Untersuchungen von Wald- und Sumpfohreulengewöllen liegen von Amrum vor (Kumerloeve & Remmert 1952, 1953, 1954, 1955, Schnurre & März 1962, 1963, Schnurre et al. 1979, Kumerloeve 1968). Unter 7985 erbeuteten Säugetieren fanden sich nur fünf Waldspitzmäuse. Eigene Untersuchungen (Tab. 3) von Sumpfohreulengewöllen brachten keine Nachweise. Ein Vorkommen ist unwahrscheinlich.

Quedens (1983) beschreibt – etwas chaotisch – die Beobachtung einer Spitzmaus ungeklärter Art, die bei einer Sturmflut am 3. 1. 1976 aus dem Schilfdickicht am Norddorfer Watt (Amrum) herauseilte. Er bezieht sich dann auf ‚Kummerloeve/Remmert und Schnurre/Deppe': „In den genannten-Waldohr-Eulengewöllen ist die Waldspitzmaus *Sorex sylvaticus* und die Feldspitzmaus

Abbildung 5 Waldspitzmaus, Foto: F. Hecker.

Sorex minutus fünf- bzw. zweimal vertreten.“ Er vermutet „Einschleppungen von Einzeltieren durch Buschwerk und Baumaterial, da keine anderweitige Feststellung von Spitzmäusen vorliegt.“ 1977 hatte er bereits dieselbe Beobachtung mitgeteilt und das Tier als „sorex araneus“ bezeichnet.

Von Föhr liegen weder Gewöllnachweise noch Totfunde vor.

Sylt hingegen ist flächendeckend besiedelt. Bethge (1966) und Hartwig & Pfannkuche (1976) wiesen die Art in Waldohreulengewöllen nach (Tab. 4). In von mir analysierten Sumpfohreulengewöllen war Sorex araneus ebenfalls vertreten. Bei einer Kleinsäugeraufnahme 1994 konnte Menzel (1995) durch Fallenfänge die Art im Lister Koog, im Listland, im NSG Nielönn, im Klappholttal, in der Braderuper Heide, in der Vogelkoje Kampen und bei Archsum bestätigen. Weitere Nachweise erbrachte er durch Totfunde oder Katzenbeute sowie durch Auskünfte verlässlicher Beobachter. Nach Zimmermann (1935) ist die Art alsbald nach Bau des Hindenburgdammes eingewandert: „Den Syltern war die Spitzmaus als nicht näher datierte Neuerscheinung bekannt, sie bezeichneten sie als ‚schwarze Maus, die die Katzen nicht fressen.‘ Die Besiedlung der Insel, ebenso die von Nordstrand, sind Arealausweitungen, die erst durch die Anbindung an das Festland möglich wurden. Dort ist die Waldspitzmaus weit verbreitet.“

Zwergspitzmaus *Sorex minutus*

Die Zwergspitzmaus ist bisher nur auf Sylt und Föhr (und der Helgoländer Düne) durch Fänge nachgewiesen worden.

Zwei Individuen aus Waldohreulengewöllen von Amrum (Schnurre et al. 1975) sind offensichtlich von durchziehenden Eulen andernorts erbeutet worden. Das ist auch anzunehmen für ein Individuum, das ich in Sumpfohreulengewöllen, gesammelt im Mai 2017, nachweisen konnte. Beringen et al. (1980) führen die Art zwar für Amrum

Abbildung 6 Zwergspitzmaus, Foto: F. Hecker.

in der Übersichtstabelle (S. 14) auf, sie findet sich aber nicht in den Fangprotokollen. In der Artenübersicht ist zudem vermerkt: „De Dwergspitsmus is alleen op Föhr gevangen …“.

Während sie in Waldohreulengewöllen von der Insel Föhr nur in geringen Zahlen auftaucht, war sie in denen der Schleiereule das zahlenmäßig wichtigste Beutetier unter den Säugern (Tab. 3). Die geringe Fangzahl von Beringen et al. (1980) ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass die leichten Tiere Schlagfallen nicht sicher auslösen.

Sylt dürfte flächendeckend besiedelt sein. Menzel (1995) verweist auf Angaben in den Betreuerberichten Sylter Naturschutzverbände hin. Er selbst konnte die Art durch Totfunde in der Hörnumer Heide- und Dünenlandschaft und durch Fallenfänge im Lister Koog, im Listland, im NSG Nielönn und in der Braderuper Heide nachweisen.

Am 21. 10. 1987 fand Marcia Gansekow eine bereits verwesende Zwergspitzmaus in einem Gebäude der Helgoländer Düne. Der Beleg befindet sich unter der Inventarnummer 29605 in der Sammlung des Instituts für Spezielle Zoologie der Christian-Albrechts-Universität. P. Boye konnte dort 1989 vier weitere Tiere fangen (Borkenhagen 2011). Ob derzeit noch eine Population besteht, ist unbekannt.

Die Vorkommen auf Sylt und Föhr halte ich für autochthon. Für die Helgoländer Düne sind Zwergspitzmäuse Neozoen, die durch Materialtransporte dorthin gelangten.

DISKUSSION

Die Marscheninseln und Halligen dürften eigentlich nach den Sturmfluten von 1362 und 1634 frei von Kleinsäugern gewesen sein. Erstaunlich ist daher die hohe Dichte von Wasserspitzmäusen und auch das Vorkommen von Maulwürfen auf Nordstrand und Pellworm, von denen Erna Mohr (1929) berichtete. Besser sah es für Kleinsäuger auf den Geestkerninseln aus, wo Waldmaus, Zwergmaus und Zwergspitzmaus überlebt haben können. Aber warum fehlt die Waldspitzmaus offensichtlich auf Föhr und Amrum und die Zwergspitzmaus auf Amrum?

Hausmaus und Wanderratte sind im Gefolge des Menschen auf Inseln und auch auf Halligen gekommen. Zu entscheidenen Veränderungen kam es durch die Dammbauten (Hamburger Hallig 1860 ff, Nordstrand 1934, Sylt 1927). 1987 wurde Nordstrand durch die Eindeichung des Beltringharder Kooges zur Halbinsel. Des Weiteren sind durch Baumaterialien (Faschinen und Reet) Reptilien und Säuger bis zu Igelgröße auf die Inseln gelangt. Das gilt mit Sicherheit für die Helgoländer Spitzmäuse und die Gartenspitzmaus auf Amrum.

Hinweise auf Kleinsäugervorkommen liefern Eulengewölle. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die verschiedenen Arten sehr unterschiedliche Jagdweisen und Nahrungsansprüche haben. Waldohreulen bevorzugen Wühlmäuse und bei deren Abwesenheit oder Knappheit Kleinvögel. Spitzmäuse werden eher verschmäht (Bezzel 1985). Sind in Waldohreulen-Gewöllen keine Spitzmäuse enthalten, kann daraus also nicht auf ein Fehlen von Soriciden geschlossen werden. Sumpfohreulen fressen auch Spitzmäuse, wenn sie im Angebot sind. Die breiteste Nahrungspalette weisen die Schleiereulen auf. Ihre Gewölle sind für faunistische Untersuchungen am besten geeignet.

Beutetiere in den Gewöllen können auch von benachbarten Inseln oder vom Festland stammen (Hartwig & Vauk 1969). So gehen die winterlichen Schlafgemeinschaften von bis zu 40 Waldohreulen auf Amrum nicht allein auf den Brutbestand der Insel zurück (Kumerloeve & Remmert 1954). Die Vögel werden zum Jagen gelegentlich auch Sylt oder Föhr aufgesucht haben oder von dort

gekommen sein. Sumpfohreulen besuchen oft als Überwinterer und Durchzügler Sylt und Amrum (Deppe 1979).

Die Erfassung von Kleinsäugern auf den Inseln könnte verbessert werden. Ornithologen und NSG-Betreuer sollten nicht nur die Vogelwelt im Auge haben, sondern auch Totfunde von Kleinsäugern sichern oder zumindest durch (Handy-)Kameras dokumentieren. Die Betreuerberichte nennen zwar häufiger Beobachtungen oder Fänge von Kleinsäuger, die aber nicht belegt und damit nur Hinweise, aber keine Nachweise sind.

Die Zuordnungen über die Art und Weise, wie die Inseln erreicht wurden und wie sie bei Borkenhagen (2011), S. 53, angegeben werden, ist zu überprüfen und zu berichtigen.

Ohne die Mithilfe vieler Personen wäre die aktualisierte Fassung gegenüber dem Atlas der Säugetiere nicht möglich gewesen. Zunächst Dr. Ommo Hüppop, dann in seiner Nachfolge Dr. Jochen Dierschke und ihre Mitarbeiter von der Inselstation der Vogelwarte Helgoland sammelten die Hausspitzmäuse (und Hausmäuse). Mit Eulengewöllen versorgten mich Dr. Roland Klockenhoff von der Naturschutzgemeinschaft Sylt e.V., der Verein Jordsand und seine Mitarbeiter auf Amrum, Peter Meckel vom Landesverband Eulen-Schutz in SH e.V. sowie Kai Borkenhagen, Leonie Enners, Nick Schäfer-Nolte, Dr. Ute Seifert † und Henning Volmer. Dr. Harald Pieper bestätigte die Artbestimmungen der Weißzahnspitzmäuse. Uta Kielau machte mir den mit „Sylt" bezeichneten Schädel einer Feldspitzmaus aus dem Nachlass von Prof. Scherf zugänglich. Für die bereitwillige Zurverfügungstellung der Fotos danke ich Frank Hecker, Andreas Klinge und Stefan Rathgeber. Winfried Kruse bestätigte Futtertransporte nach Helgoland. Die englische Zusammenfassung überprüfte Kai Borkenhagen.

LITERATUR

Beringen, R., G. P. J. Dankers & M. S. Herfst (1980): Verspreidingsoecologisch onderzoek naar zoogdieren op de noordfriese waddeneilanden van Sleeswijk-Holstein. – Report Vakgroep Natuurbeheer Landbouwhogeschool, Wageningen.

Bethge, E. (1963): Kleinsäuger-Nachweise aus Gewöllen der Waldohreule auf Föhr. – Mitt. Faunistische Arbeitsgem. S-H 16 (2), 3–4.

Bezzel, E. (1985): Kompendium der Vögel Mitteleuropas – Nonpasseriformes – Aula-Verlag Wiesbaden.

Böhme, W. & O. Grell (2013): Ringelnattern, Natrix natrix (Linnaeus 1758) auf Sylt (Schleswig-Holstein): eingeschleppt aus verschiedenen Ländern? – Faun.-Ökol. Mitt. 9, Heft 7/8, 311–317.

Borkenhagen, P. (2011): Die Säugetiere Schleswig-Holsteins. – Husum Verlag, Husum.

Borkenhagen, P. (2014): Die Säugetiere Schleswig-Holsteins – Rote Liste. – Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, Flintbek.

Caspers, H. (1942): Die Landfauna der Insel Helgoland. – Zoogeographica 4, 127–186.

Dalla Torre, K. W. v. (1889): Die Fauna von Helgoland. – Zool. Jb., Suppl. 2.

Degn, C. & U. Muuß (1966): Topographischer Atlas Schleswig-Holstein. – Hrsg. Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein. Karl Wachholtzverlag, Neumünster, 3. Aufl.

Deppe, H.-J. (1979): Zur Ernährung der Waldohreule (Asio otus) auf den nordfriesischen Inseln Föhr und Amrum. – Angew. Ornith. 5 (3), 128–140.

Hartwig, E. & O. Pfannkuche (1976): Zur Nahrung der Waldohreule (Asio otus) auf der Nordseeinsel Sylt – zugleich ein Beitrag zur Kleinsäugerfauna. – Die Vogelwelt 97 (5), 175–190.

Hartwig, E. & G. Vauk (1969): Zug, Rast und Nahrung der auf Helgoland durchziehenden Waldohreulen (Asio otus). – Vogelwarte 25 (1), 13–19.

Kirk, G. (1970): Die Säugtiere der Insel Helgoland. – Helgoländer Nr. 65.

Kumerloeve, H. (1968): Gewöllstudien an einem Sumpfohreulen-Brutpaar auf der Insel Amrum. – Ornith. Mitt. 20, 33–34.

Kumerloeve, H. & H. Remmert (1952): Nahrungsökologische Befunde an Amrumer Waldohreulen (Asio otus (L.)). – Ornith. Mitt. 4 (8), 169–172.

Kumerloeve, H. & H. Remmert (1953): Weitere Gewöllstudien an Amrumer Waldohreulen (Asio otus (L.). – Ornith. Mitt. 5 (3), 48–50.

Kumerloeve, H. & H. Remmert (1954): Dritter Beitrag zur Ernährung Amrumer Eulen. – Ornith. Mitt. 6 (8), 165–167.

Kumerloeve, H. & H. Remmert (1955): Nachtrag zur Ernährungsbiologie Amrumer Waldohreulen. – Ornith. Mitt. 7 (8), 155.

Lever, C. (1985): Naturalized mammals of the world. – Longman, London und New York.

Menzel, S. (1995): Untersuchungen zur Säugetierfauna der Insel Sylt. – Diplomarbeit, Göttingen.

Mohr, E. (1929): Die Landsäugetiere der schleswig-holsteinischen Nordsee-Inseln. – Schr. Naturwiss. Ver. S-H 19 (1), 59–72

Mohr, E. (1931): Die Säugetiere Schleswig-Holsteins. – Altona.

Quedens, G. (1977): Die Amrumer Natur. – Nordfriesland 41, 11 (1), 25–27.

Quedens, G. (1983): Die Amrumer Säugetierwelt. – In: Quedens: Die Vogelwelt Amrums, pp. 233–239. Hamburg.

Reichstein, H. & W. Bock (1976): Die Feldspitzmaus (Crocidura leucodon) – eine für Schleswig-Holstein neue Säugetierart. – Die Heimat 83 (7/8), 220–223.

Remmert, H. & H. Kumerloeve (1953): Nahrungsökologische Studien an Föhrer Waldohreulen. – Faun. Mitt. aus Norddeutschland 3, 15.

Schnurre, O. & R. März (1962): Beiträge zur Ernährungsbiologie der Amrumer Waldohreulen (Asio otus L.) sowie zur Kleinsäugerfauna der Nordfriesischen Inseln. – Ornith. Mitt. 14 (1), 11–13.

Schnurre, O. & R. März (1963): Zur Ernährungsbiologie der Amrumer Waldohreulen. – Beitr. Naturkde. Niedersachsens 16, 69–74.

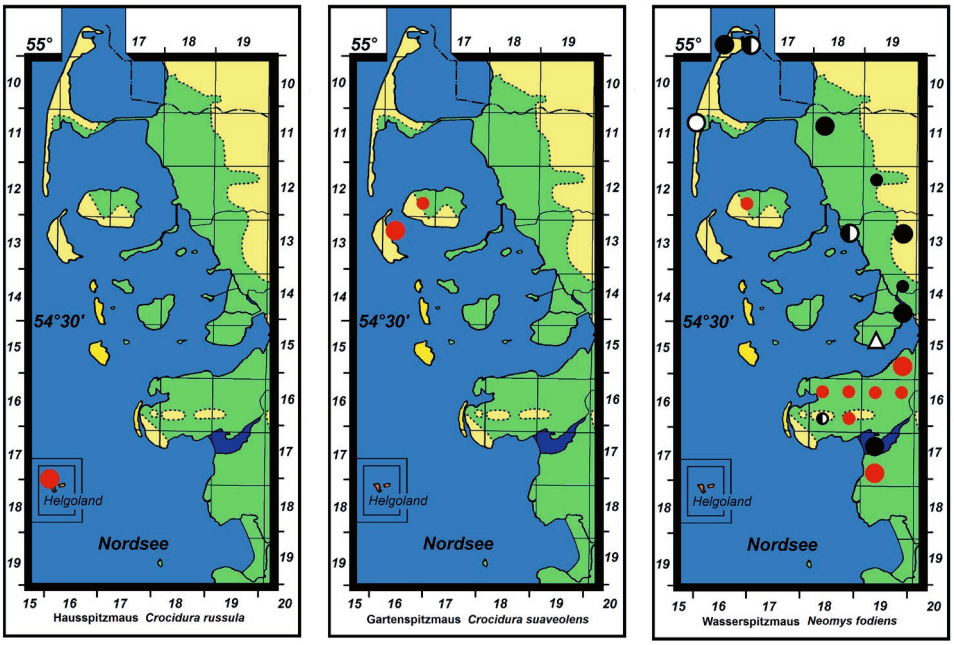
Schnurre, O., R. März & V. Creutzburg (1975): Die Waldohreule (Asio otus) als Glied dreier Inselfaunen (Rügen, Amrum, Vlieland). – Beitr. Vogelkde. 21 (3/4), 216–227.

Vauk, G. & H. Reichstein (1990): Ein Nachweis der Zwergspitzmaus (Sorex minutus L., 1766) von der Insel Helgoland. – Z. Säugetierkunde 55 (4), 284.

Wedemeyer, M. (1985): 15 Jahre Naturschutz in der Kampener Vogelkoje auf Sylt. – Heimat 92, 366–370.

Witt, H. (1991): Zur Kenntnis der Säugetierfauna der Westküste sowie der Halligen und Inseln Schleswig-Holsteins (Teil I). – Schr. Naturwiss. Ver. Schlesw.-Holst. 61, 81–124.

Zimmermann, K. (1935): Zur Fauna von Sylt. – Schr. Naturwiss. Ver. Schlesw.-Holst. 21, 274–278.



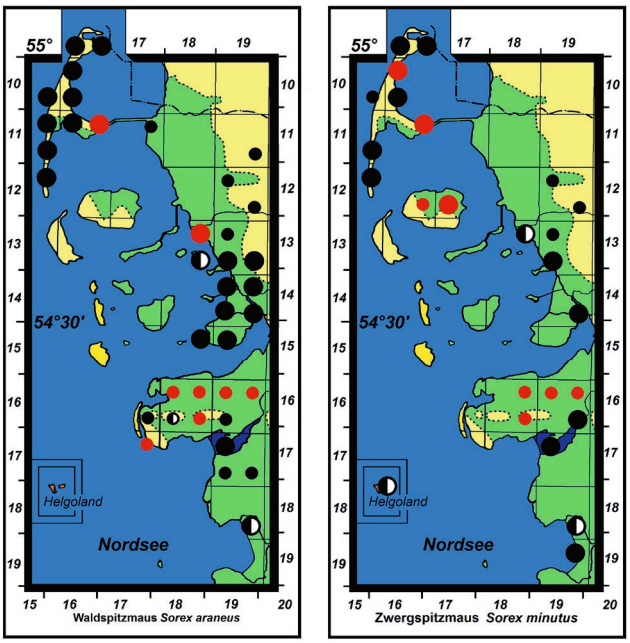


Abbildung 7 Nachweise auf den Nordseeinseln. Klein: Gewöllnachweise, groß: alle anderen Nachweise.

- ● ab 2010
- ● 1990–2009
- ◐ 1970–1989
- ○ 1950–1969
- ▲ 1930–1949
- △ vor 1930

THE SHREWS (SORICIDAE) OF THE ISLANDS ON THE NORTH SEA COAST OF SCHLESWIG-HOLSTEIN, GERMANY

Peter Borkenhagen

The current knowledge of the occurrence of shrews on the North Sea islands of Schleswig-Holstein is summarised, based on analysis of owl pellets, trapping, chance finds and a review of literature. The greater white-toothed shrew (Crocidura russula) was recorded from Helgoland, the Eurasian pygmy shrew (Sorex minutus) from Helgoländer Düne, Sylt and Föhr. The lesser white-toothed shrew (Crocidura suaveolens) occurs on Amrum. Sylt has populations of common shrew (Sorex araneus) and Eurasian water shrew (Neomys fodiens). Eurasian water shrews were also recorded from Nordstrand and Pellworm until 1930, but not after that. Common shrews occur on Nordstrand.
Sylt and Nordstrand were colonised, after these islands were connected to the mainland by dams. The occurrences of Eurasian pygmy shrews on Föhr and Sylt are probably autochthonous. The lesser white-toothed shrews on Amrum and the Eurasian pygmy shrews on the Helgoländer Düne were introduced, probably with transported material.

Dr. Peter Borkenhagen
borkenhagen.sag@t-online.de
Schrevendorf 42
24253 Probsteierhagen

SUBMITTED 22-02-2017 ACCEPTED 13-07-2017 ONLINE 21-07-2017
© 2020 The Author

SCHR NATURWISS VER SCHLESW-HOLST 75 17–27 Kiel III-2020
RESEARCH PAPER

„so kann ich Ihnen für die Berufung [auf den Lehrstuhl für allgemeine Anatomie] Walther Flemming mit voller Überzeugung empfehlen“: Ein Empfehlungsschreiben des Anatomen Wilhelm Henke an den Anatomen und Physiologen Alfred Wilhelm Volkmann in Halle aus dem Jahre 1876

Reinhard Hildebrand

Institut für Anatomie & Vaskuläre Biologie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

In einem Brief vom 16. Januar 1876 an den Anatomen und Physiologen Alfred Wilhelm Volkmann in Halle hat der Tübinger Anatom Wilhelm Henke seinen ehemaligen Prosektor Walther Flemming für die Besetzung der Professur für allgemeinen Anatomie empfohlen, die an der Medizinischen Fakultät der Universität Halle-Wittenberg neben dem Lehrstuhl der speziellen Anatomie eingerichtet werden sollte. Das Schreiben, in dem Flemming als herausragender Forscher auf dem Gebiet der Histologie und als eine Persönlichkeit von hohen menschlichen Qualitäten charakterisiert wird, wird vor dem Hintergrund der Auseinandersetzungen in der Anatomie zwischen einer der Medizin zugewandten funktionellen und topographischen Anatomie und einer den biologischen Disziplinen verbundenen genetischen bzw. morphologischen Richtung diskutiert. Trotz der Empfehlung wurde Flemming nicht nach Halle berufen, sondern hat einen Ruf nach Kiel angenommen, wo er schon vorher an primo loco auf der Berufungsliste gestanden hatte.

Henke, Flemming, Anatomie, Histologie, Berufungspolitik

EINLEITUNG

Am 16. Januar des Jahres 1876 schrieb der Tübinger Anatom Philipp Jakob Wilhelm Henke [1834–1896] einen Brief, der dem Inhalt und der persönlichen Anrede nach vermutlich an den Anatomen und Physiologen Alfred Wilhelm Volkmann [1801–1877] in Halle gerichtet war (Abb. 1). In diesem Schreiben empfahl er seinen ehemaligen Prosektor Walther Flemming [1843–1905] für den Lehrstuhl der allgemeinen Anatomie, der an der Universität Halle-Wittenberg neben dem der speziellen Anatomie besetzt werden sollte. Flemming hatte bereits in Rostock und danach in Prag bei Henke eine Prosektorenstelle innegehabt.

In dieser Position war er in Rostock Nachfolger von Franz Eilhard Schulze [1840–1921] gewesen, dem späteren Ordinarius für Zoologie und vergleichende Anatomie an der dortigen Universität. Bei Schulze war Flemming im Jahre 1868 mit einer Arbeit über den Ziliarmuskel der Haussäugetiere promoviert worden (Schumacher & Wischhusen 1970). Nach Henkes Berufung an die Deutsche Universität in Prag 1872 war Flemming ihm gefolgt und hatte sich dort im selben Jahr habilitiert. Schon im Jahr darauf war er dann zum außerordentlichen Professor ernannt worden, nachdem er kurz zuvor einen Ruf als Professor der Zoologie an die neugegründete Forstakademie in (Hannoversch-)Münden abgelehnt hatte (Rabl 1899).

Henkes Empfehlungsschreiben von Tübingen aus, dorthin war er 1875 gewechselt, ist insofern bemerkenswert, als Flemming zu der Zeit an der Universität Kiel bereits primo loco für die dortige Position eines Lehrstuhlinhabers für Anatomie stand, die durch die Berufung Karl Kupffers [1829–1902] nach Königsberg im Jahr 1876 vakant wurde. Dass Henke den Brief dennoch geschrieben hat, ist abgesehen von der durchaus gängigen Praxis, sich für einen geschätzten ehemaligen Mitarbeiter einzusetzen, wohl nicht zuletzt auch vor dem Hintergrund der in jenen Jahren geführten Auseinandersetzungen unter den Fachvertretern der Anatomie zu sehen, in denen es um das Selbstverständnis der Anatomie als Wissenschaft ging. Immerhin würde sich aus der Beantwortung dieser Frage entscheiden, ob sich das Fach künftig mehr nach einer genetischen bzw. morphologischen Grundanschauung ausrichtete, die vor allem auf vergleichender Anatomie und Entwicklungsgeschichte beruhte oder aber von einer der ärztlichen Ausbildung und der Medizin nahestehenden physiologischen Betrachtungsweise geprägt wurde. Dieser Richtungsstreit, der bis gegen die Jahrhundertwende in einer von Polemik keineswegs freien Kontroverse geführt wurde, hatte natürlich auch Konsequenzen für die Besetzungspolitik in der Anatomie, die institutionell bis heute der medizinischen Fakultät zugeordnet ist. Eine gewisse Entlastung schuf zwar eine Aufteilung des Fachs Anatomie z. B. in eine allgemeine und eine spezielle, wie hier an der Universität Halle vorgesehen oder mit der Einrichtung eines Lehrstuhls für Histologie und Embryologie wie schon an den österreichischen Universitäten praktiziert (Eulner 1970; Lesky 1978). Doch haben sich diese Lösungen letztlich nicht durchgesetzt, und Histologie und Entwicklungsgeschichte sind Teile der Anatomie geblieben. Nur die vergleichende Anatomie, die zusammen mit der Ontogenie nach Carl Gegenbaur [1826–1903] die wissenschaftliche Grundlage auch der Anatomie des Menschen bilden (Gegenbaur 1883) und ausgehend vom heuristischen Prinzip von Darwins Deszendenztheorie (v. Bardeleben 1900) eigentlich den Beginn einer neuen Epoche für die Anatomie markieren sollte (Rosenberg 1889), wurde in den methodologischen Auseinandersetzungen im Kraftfeld der Medizin an den Rand gedrängt; denn aus ihr ließ sich am wenigsten unmittelbar praktischer Nutzen ziehen. Dadurch wurde sie fast ausschließlich zu einem Forschungsgebiet der neu errichteten Lehrstühle der Zoologie (Nyhart 1986; 1987; 1995; Hildebrand 1994).

DAS EMPFEHLUNGSSCHREIBEN
Transkription

Tübingen, d[en] 16. 1. [18]76.

Verehrter Freund!

Das ist ja freilich schade, daß nun für mich bei Ihnen keine Aussicht mehr ist, voraus gesetzt, daß ich nicht am Ende doch nach Berlin komme, was ja wohl noch immer in der Schwebe ist. Auf der andern Seite ist es

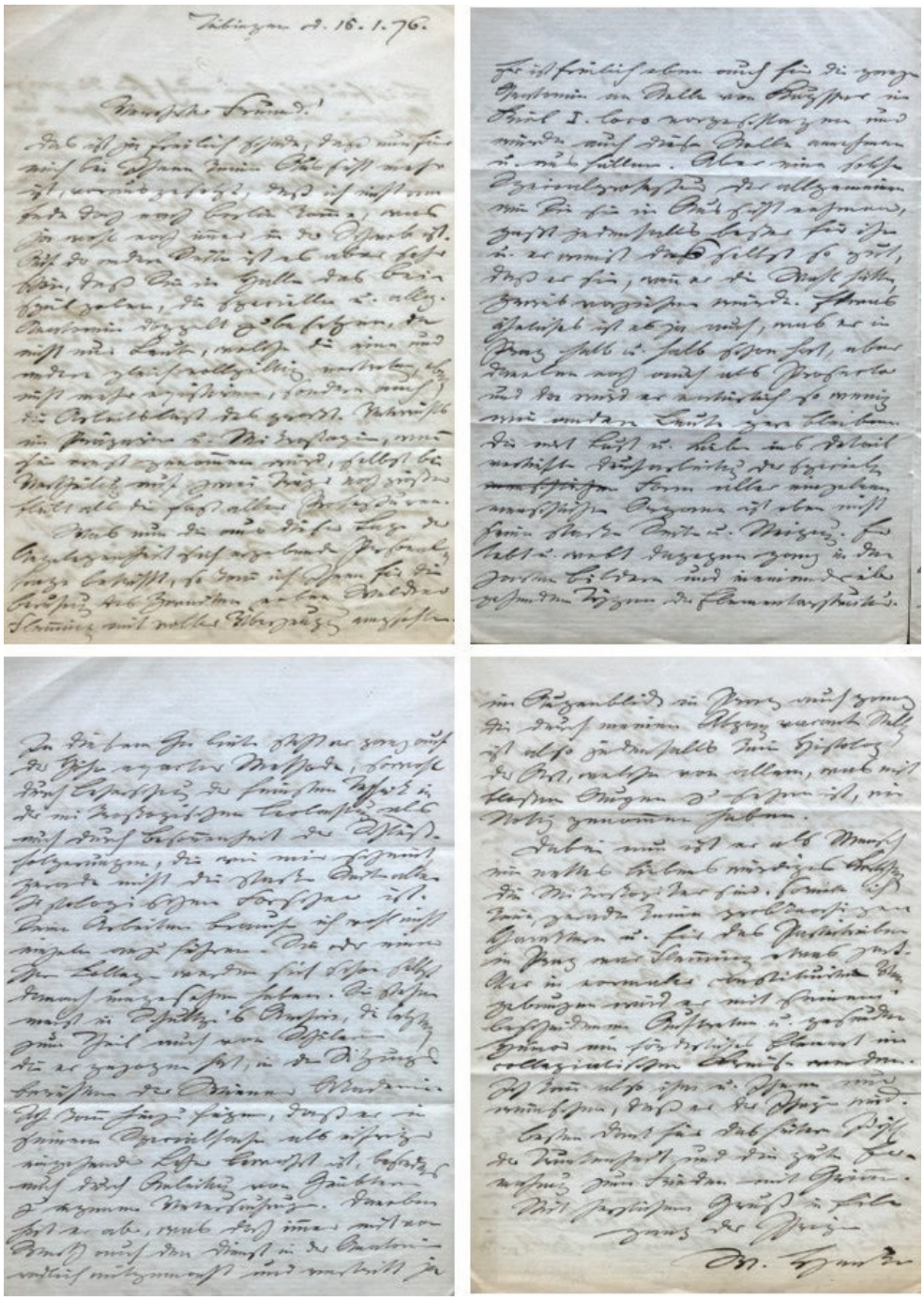


Abbildung 1 Empfehlungsschreiben für Walther Flemming von Wilhelm Henke an Alfred Wilhelm Volkmann vom 6. Januar 1876 (Sammlung Verfasser).

aber sehr schön, daß Sie in Halle das Beispiel geben, die spezielle u[nd] allge[meine] Anatomie doppelt zu besetzen, da nicht nur Leute, welche die eine und andere gleich vollgültig vertreten, eben nicht mehr existiren, sondern auch die Arbeitslast des prakt[ischen] Unterrichts im Präpariren und Mikroskopiren, wenn sie ernst genommen wird, selbst bei Vertheilung auf zwei Träger noch größer bleibt als die fast aller Professuren.

Was nun die aus dieser Lage der Angelegenheit sich ergebende Personalfrage betrifft, so kann ich Ihnen für die Berufung des Zweiten neben Walther Flemming mit voller Überzeugung empfehlen. [Seite 2] Er ist freilich eben auch für die ganze Anatomie an Stelle von Kupffer in Kiel I. loco vorgeschlagen und würde auch diese Stelle annehmen u[nd] ausfüllen. Aber eine solche Spezialprofessur der allgemeinen wie Sie sie in Aussicht nehmen, paßt jedenfalls beßer für ihn u[nd] er weiß das selbst so gut, daß er sie, wenn er die Wahl hätte, gewis vorziehen würde. Etwas ähnliches ist es ja auch, was er in Prag halb u[nd] halb schon hat, aber daneben noch auch als Prosector und da wird er natürlich so wenig wie andere Leute gern bleiben. Die mit Lust und Liebe ins Detail vertiefte Durcharbeitung der speziellen [menschlichen durchgestrichen] Form aller einzelnen menschlichen Organe ist eben nicht seine starke Seite u[nd] Neigung. Er lebt u[nd] webt dagegen ganz in den zarten Bildern und ineinander übergehenden Typen der Elementarstruktur. [Seite 3] In diesem Gebiete steht er ganz auf der Höhe exacter Methode, sowohl durch Beherrschung der feinsten Technik in der mikroskopischen Beobachtung als auch durch Besonnenheit der Schlüße. Folgerungen, die wie mir scheint, gerade nicht die starke Seite aller histologischen Forscher ist. Seine Arbeiten brauche ich wohl nicht einzeln anzuführen. Sie oder einer Ihrer Collegen werden sich schon selbst danach umgesehen haben. Sie stehen meist in Schultze's Archiv, die letzten zum Theil auch von Schülern die er gezogen hat, in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie. Ich kann hinzufügen, daß er in seinem Spezialfache als eifriger eingehender Lehrer [Wort nicht lesbar] ist, besonders auch durch Anleitung von Geübteren zu eigenen Untersuchungen. Daneben hat er aber, was doch immer mit von Werth auch den Dienst in der Anatomie redlich mitgemacht und vertritt ja [Seite 4] im Augenblick in Prag auch ganz die durch meinen Abgang vaccante Stelle ist also jedenfalls kein Histolog der Art, welche von allem was mit bloßem Auge zu sehen ist, nie Notiz genommen haben.

Dabei nun ist er als Mensch ein nettes liebenswürdiges Kerlchen. Die Mikroskopiker sind, soviele ich kenne, gerade keine grobknochigen Charaktere u[nd] für das Parteitreiben in Prag war Flemming etwas zart. Aber in normalen konstituirten Umgebungen wird er mit seinem bescheidenen Auftreten u[nd] gesunden Humor ein förderliches Element im collegialischen Kreise werden. Ich kann also ihm u[nd] Ihnen nur wünschen, daß er der Ihrige wird.

Besten Dank für das heitere Idyll der Trunkenheit und die gute Ermahnung zum Frieden mit Grimm.

Mit herzlichem Gruß in Eile
ganz der Ihrige
W[ilhelm] Henke

DER ANATOM WILHELM HENKE

Wilhelm Henke (Froriep 1896) gehörte der relativ kleinen Gruppe zeitgenössischer Anatomen an, die in der Nachfolge der Gebrüder Weber (das sind die Leipziger Anatomen und Physiologen Ernst Heinrich [1795–1878] und Eduard Friedrich Wilhelm Weber [1806–1871] sowie der Göttinger Physiker Wilhelm Eduard Weber [1804–1891])

eine physikalisch-mathematisch orientierte funktionelle Anatomie betrieben (Nyhart 1995). In dieser spezifisch physiologischen Grundanschauung der Anatomie wird der Körper als ein Komplex von physiologischen Apparaten aufgefasst, deren Verständnis sich nur auf deren funktionelle Bedeutung stützt und wo „das Verständniss der Formen aus der functionellen Bedeutung der einzelnen Theile herzuleiten" ist (v. Meyer 1861).

Henke war mit einem Klumpfuß geboren worden, der mehrfach operiert werden musste. Das alles hat seine persönliche Entwicklung in der Kindheit und Jugend geprägt und seine frühen medizinischen Interessen so sehr bestimmt, dass er eine Dissertation über die Luxationen und Kontrakturen der Fußwurzel angefertigt hat, mit der er 1857 promoviert wurde. Die hier zunächst unter praktisch-chirurgischem Aspekt begonnenen Untersuchungen setzte er dann unter anatomisch-physiologischem Blickwinkel fort, indem er unter Berücksichtigung der genannten pathologischen Gelenkveränderungen Anatomie und Mechanik der übrigen Gelenke des menschlichen Körpers analysierte (Henke 1863). Die darin sichtbar werdende enge Beziehung zur medizinischen Praxis und Chirurgie spiegelt sich auch in seinem anderen Hauptarbeitsfeld wieder, der topographischen Anatomie. Als Grundlage für das ärztliche Handeln sollte sie insofern praktisch sein, indem sie eine anschauliche Vorstellung von der Lage der Teile im Körper gab, die der Arzt in der Praxis brauchte. Darum wollte er in seinem Lehrbuch der topographischen Anatomie auch „nur das behandeln, was man an jedem menschlichen Körper mit Händen greifen kann, dies aber auch so, dass man es dann mit Händen greifen kann" (Henke 1884). Doch weniger durch das, was er in der von ihm verfolgten Richtung in der Anatomie erreicht hat, ist er zu einem Anatom ganz eigener Art geworden (Rabl 1899), sondern dadurch, dass er seine anatomischen Studien mit seinen kunsthistorischen Forschungen so sehr in Einklang zu bringen wusste, dass er beides, sowohl Anatom als auch Kunsthistoriker war. Darum war er auch wohl sehr enttäuscht, dass die zweite, für ihn vorgesehene Professur der Anatomie an der Berliner Universität, von der am Anfang seines Briefes an Volkmann die Rede ist, zunächst vorläufig und dann endgültig wegfiel; denn er hatte geglaubt, in Berlin für die von ihm vertretene topographische und künstlerische Richtung der Anatomie, die seiner Neigung und Begabung entsprach, die adäquaten Bedingungen zu finden. Für die entwicklungsgeschichtliche und vergleichend anatomische Richtung, die einschließlich der Histologie insbesondere von Oscar Hertwig [1849–1922] und Robert Wiedersheim [1848–1923] als eine wissenschaftliche Anatomie in engem Zusammenhang mit allen anderen biologischen Disziplinen aufgefasst wurde (Hertwig 1881; Wiedersheim 1882), hatte er jedoch kein Verständnis. Dagegen hat er in seinem Lehrbuch der topographischen Anatomie, die er gerade nicht als einen untergeordneten Handlangerdienst für den Operationskurs und die Krankenuntersuchung, sondern als eine selbständige wissenschaftliche Aufgabe ansah, seine eigene Auffassung der Ziele und Aufgaben in der Anatomie am bestimmtesten und in aller Entschiedenheit zum Ausdruck gebracht (Rabl 1899). Dass die Anatomie zu einem trostlosen, mechanischen handwerksmäßigen Beruf herabsinken würde, wenn nicht mit oder statt derselben vor allen Dingen wissenschaftliche Anatomie gelehrt werde, was in seinen Augen Zoologie und in der Sprache von Hertwig und Wiedersheim jedoch Anatomie als Wissenschaft war, blieb für ihn lediglich eine Sache des Geschmacks; denn schließlich sei nur diejenige Arbeit eine geistlose, die man ohne Geist betreibe. Und dann spricht er mit

der ihm eigenen Begeisterung und Liebe zu seinem Fach davon, wie jedes Bauteil eines zusammengesetzten Körpers seine eigene Gestalt und deren inneres Gesetz habe und dass es auch eine Arbeit und zugleich ein Vergnügen sei, sie anschauend aufzufassen, sie kennen und begreifen zu lernen. Wer aber dieser Art von sinnlicher Freude an der Erfassung und Durchdringung jeder organisch gewachsenen Form und ihres Gesetzes zu Studium der Anatomie nicht mitbringe, täte besser daran, davon zu bleiben (Henke 1884). Den Gedanken allerdings, „dass auch die topographische Anatomie von vergleichenden Gesichtspunkten geleitet sein kann und soll, und sie sich dann [sogar] ungleich höher stellt, als wenn sie sich lediglich in den Dienst der praktischen Medicin begibt" übersah er freilich (Rabl 1899). Aber diese von Carl Rabl [1853–1917] vertretene Auffassung entsprach natürlich auch ganz der morphologischen bzw. genetischen Richtung in der Anatomie. Sie beanspruchte nämlich, dass bei der Darlegung topographischer Gegebenheiten den vom morphologischen Standpunkt aus getroffenen Darlegungen sogar von vornherein mehr Zutrauen geschenkt werden müsse. Sie gingen schließlich von der Typenlehre und der Bestimmung spezieller Homologien aus, bei denen zum einen die gegenseitigen Lagerungsverhältnisse der Hauptorgane des Körpers beachtet und andererseits die relativen Lagerungsverhältnisse der Hauptorgane des Körpers berücksichtigt würden (Rosenberg 1889). Dagegen reklamierte Hermann von Meyer [1815–1892] für die physiologische Methode, welche Vorzüge darin lägen, wenn bei der Erfassung topographischer Verhältnisse vor allem an den Gliedmaßen die Gelenkmechanik zugrunde gelegt würde, von der aus sich die Lagerung der in funktionelle Gruppen gegliederten Muskeln von selber ergebe (v. Meyer 1883). Neben der physiologischen Grundanschauung wollte er die genetische Methode als die zweite Möglichkeit, „die Formen verstehen zu lernen", nur dann anerkennen, „wenn sie nach der physiologischen arbeitet" (v. Meyer 1883).

DER HISTOLOGE WALTHER FLEMMING

Auch die Histologie wurde von den Anatomen der morphologischen Richtung in der Anatomie als ein methodischer Zugang angesehen, um mit mikroskopischen Untersuchungen einen Beitrag zu den Entwicklungsgesetzen anatomischer Strukturen zu leisten, das hob die Histologie auf die Stufe einer Wissenschaft (Kölliker 1859; Nyhart 1995). Eine solche Sichtweise ließen die physiologisch ausgerichteten Fachvertreter nicht gelten. „Die Histologie, d.h. die Lehre vom Bau und Leben der Elementarteile" war für Hermann von Meyer „ebensowenig Anatomie, als Kenntniss der Baumaterialien Architektur oder hüttenkundige Kenntniss der Metalle Maschinenlehre" (v. Meyer 1883). Wenn auch Henke die Histologie und mikroskopische Anatomie in dieser Schärfe nicht ablehnte, so war sie zweifellos seine Sache nicht. Schon bei seiner Berufung nach Prag war ihm daran gelegen, dass ein besonderer Vertreter für die Histologie ernannt wurde. Eine entsprechende Aufteilung schwebte ihm später von Tübingen aus auch bei der in Aussicht gestellten zweiten Professur in Berlin vor, dort wollte er einen wesentlichen Teil der systematischen Anatomie mit Präparierkurs und die topographische Anatomie vertreten und der alte Lehrstuhlinhaber Karl Bogislaus Reichert [1811-1883] sollte vor allem die Entwicklungsgeschichte und Histologie sowie die vergleichende Anatomie übernehmen (Froriep 1896). In Prag hatte Henke mit Walther Flemming (Graf Spee 1906; Peters 1967), der sich schon in Rostock als sein Prosektor bewährt hatte, einen fachlich hervorragend

ausgewiesenen Histologen zur Seite, der an der dortigen Universität zum Professor extraordinarius mit dem Lehrauftrag Histologie und Entwicklungsgeschichte ernannt wurde. Auch hatte Flemming ein kleines histologisches Institut zur Verfügung, das zwar als Teil der Anatomie der Oberaufsicht von Henke unterstand, doch ganz seiner Leitung anvertraut war (Rabl 1899). Daran wird schon deutlich, dass Henke ihn sehr schätzte und ihm in seinen histologischen und entwicklungsgeschichtlichen Forschungsinteressen freien Raum ließ, obwohl sie eigentlich den seinigen gar nicht entsprachen.

Außer seiner Habilitationsschrift über Bindesubstanzen und Gefäßwand bei Mollusken, die Flemming im Jahre 1871 unter Henke abschloss, hatte er in Rostock noch über das Fettgewebe und die an den Fühlern der Landschnecken befindlichen Sinnesorgane gearbeitet (Schumacher & Wischhusen 1970). Mit Beiträgen über die Anatomie und Physiologie des Bindegewebes sowie zoologisch-entwicklungsgeschichtlichen Studien am Ei der Teichmuschel und zur Entwicklungsgeschichte der Najaden setzte er seine Forschungen in Prag fort (Rabl 1899). In ihnen kündigen sich schon seine bahnbrechenden Entdeckungen auf den Gebieten Zellsubstanz, Kern und Zellteilung in seinen Kieler Jahren an, die seinen Ruhm als international renommierter Histologe begründeten (Paweletz 2001). Da ist zunächst die Beschreibung der indirekten Zellteilung mit der von ihm beobachteten Längsspaltung der Chromosomen zu nennen (Flemming 1878; Hardy & Zacharias 2008). Diesen Teilungsprozess von Kern und Zelle hat er später in seiner Monographie Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung (Flemming 1882), in der er den „Gesamtstand der Kenntnisse von den Gegenständen des Titels“ dargelegt hat, mit dem Namen Mitosis belegt. Ferner ist auch der von ihm geprägte Begriff Chromatin als „diejenige Substanz im Zellkern, welche bei den als Kerntinctionen bekannten Behandlungen mit Farbstoffen die Farbe annimmt“ hier anzuführen, wie ebenso der sich damit von selbst anbietende Name Achromatin für die nichtfärbbare Substanz des Kerns (Flemming 1880). Zu seinen bedeutenden Arbeiten gehören weiterhin seine grundlegenden Untersuchungen zu den in der Zelle vorhandenen „Centralkörpern“, den Zentriolen, die er viel öfter doppelt (Diplosom) als einfach fand (Flemming 1891). Selbst wenn ihm eine umfassende Darstellung der Meiosis noch nicht gelang, hat er doch wichtige Prozesse dieser in Keimzellen ablaufenden Teilungsvorgänge beschrieben und erkannt, dass die Zellteilung hier „mit zwei verschiedenen Typen der Mitose“ erfolgt (Flemming 1887; Hardy & Zacharias 2008). Darüber hinaus war er nicht nur ein äußerst sorgfältiger, exzellenter mikroskopischer Beobachter, sondern beherrschte seine Fixierungs- und Färbetechniken nicht minder virtuos. Selbst zur Analyse der Struktur des Zytoplasmas hat er bereits richtungsweisende Befunde beigetragen (Meves 1907).

Für den großen Wert, den er auf die Histologie legte, sei er, wie er in einem Brief an den Vater schrieb, „bekannt wie ein bunter Hund“, und er hielt sie selbst für den praktischen Arzt „sowohl inhaltlich für nützlich […], wie auch als ein gutes Bildungsmittel für die Ausbildung im Beobachten/Ansehen“. Doch galt ihm dessen ungeachtet die makroskopische Anatomie für den Arzt vor allem als nötig und am wichtigsten (Hardy & Zacharias 2009). Diese Einstellung mag nicht zuletzt auf seiner Tätigkeit und Erfahrung als Prosektor bei Henke beruhen, nach dessen Weggang nach Tübingen er in Prag sogar die gesamte Anatomie in der Lehre vertreten musste und auch auszufüllen wusste.

Vor allem in Kiel kam er in den Vorlesungen und Kursen auch seinen Studenten persönlich näher und gewann durch seine Freundlichkeit und Hilfsbereitschaft sowie seinen

glänzenden Vortrag und seine anschaulichen Zeichnungen mit farbiger Kreide, das hatte er von seinem Lehrer Henke übernommen, deren Hochachtung und Vertrauen. Gleiches gilt für seine Schüler aus dem In- und Ausland, denen er ein hochgeschätzter akademischer Lehrer und väterlicher Freund war, dem sie wiederum in Dankbarkeit anhingen. Nicht von ungefähr hat Henke darum auch seine menschlich verbindliche, freundliche Art in seinem Empfehlungsschreiben ausdrücklich hervorgehoben. Es ist daher nur zu leicht verständlich, dass Flemming bei seiner Feinfühligkeit dem „Parteistreiten in Prag" nicht gewachsen war. Die dortigen Querelen waren von einer antideutschen, nationalistischen Atmosphäre bestimmt, die von den tschechischen Studenten verursacht wurde. Das hat Flemming seinen weiteren Aufenthalt in Prag verleidet. Wie andere Mikroskopiker auch war er eben kein grobknochiger Charakter, wie Henke kommentierte und mit dem impliziten Bezug von Feinstruktur zu makroskopischem Bau zugleich Humor in der Sache bewies.

Da die Histologie in der Regel im Rahmen der allgemeinen Anatomie abgehandelt wurde (Krause 1843), und dies Gebiet zweifellos mehr als die gesamte Anatomie den Neigungen und Vorstellungen Flemmings entsprach, hat Henke ihn für die geplante Professur in Halle empfohlen. Im Übrigen hatte sich die Anatomie in ihren Teilgebieten in einem Maße entwickelt, dass es einem Fachvertreter auch vom Lehraufwand her kaum noch möglich war, das ganze Fach adäquat zu vertreten. Auch Flemming, zu der Zeit schon in Kiel mit einer enormen Lehr- und Examensverpflichtung als Vertreter der gesamten Anatomie belastet, hat sich „ein geeignetes Institut" für seine histologische Forschung und den Unterricht seiner Studenten gewünscht, in dem er endlich das theoretische Kolleg in der Histologie fallen lassen und mit der praktischen Arbeit verbinden konnte (Hardy & Zacharias 2009).

BESETZUNG DER PROFESSUREN FÜR ANATOMIE UND HISTOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT HALLE-WITTENBERG

Alfred Wilhelm Volkmann (Altmeyer 1964), ein Schüler Ernst Heinrich Webers, hatte 1875 aus Altersgründen um seine Emeritierung als Ordinarius und Direktor der Anatomie ersucht. Dieser Umstand wird auch Henke, der mit ihm offenbar in engerem persönlichen Kontakt stand, bekannt gewesen sein. Darum hat er ihm im Rahmen der geplanten Neugliederung der Anatomie an der Universität Halle am 16. Januar 1876 einen Brief geschrieben, in dem er für seinen alten Prosektor Walther Flemming ein Wort eingelegt und ihn für die Professur der allgemeinen Anatomie vorgeschlagen hat. Doch wurde bereits im April 1876 die Leitung des Anatomischen Instituts zunächst kommissarisch an den am Institut bereits tätigen persönlichen Ordinarius Hermann Welcker [1822–1897] (Solger 1898) übergeben, der dann ab Oktober desselben Jahres zusammen mit dem zum ordentlichen Professor an die Anatomie berufenen Friedrich Steudener [1839–1880] offiziell die Direktion übernahm (Sturm 1997). Während Welcker, der eigentlich auch ein hervorragender Mikroskopiker und ein Bahnbrecher der quantitativen Mikromorphologie war (Scharf 1964), die Anatomie und Entwicklungsgeschichte vertrat, war Steudener (Eberle 2017) für die Histologie und mikroskopische Anatomie zuständig. Als alter Hallenser war Steudener einer der ersten Schüler von Volkmanns Sohn, dem bekannten Chirurgen Richard von Volkmann [1830–1889] gewesen, der neben seiner ärztlich-chirurgischen Tätigkeit auch mikroskopisch-anatomisch vor

allem auf dem Gebiet der Histopathologie geforscht hat (Dhom 2001). Und auf diesem Gebiet war auch Steudener besonders ausgewiesen. Bei solchen spezifischen persönlichen und lokalen Gegebenheiten mussten Henkes Bemühungen für Flemming dann doch ins Leere laufen.

NACHSPIEL

Nach Steudeners frühem Tod wurde 1881 Karl Joseph Eberth [1835–1926] als Vorstand der histologischen Abteilung des Anatomischen Instituts berufen und nach Welckers Ausscheiden 1895 zum Direktor des dortigen Pathologischen Instituts ernannt (Eulner 1970). Mit der im Jahre 1894 erfolgenden Emeritierung von Hermann Welcker war auch Flemming von dem Ministerialdirektor Friedrich Althoff [1839–1908], dem eigentlichen Gestalter des preußischen Universitäts- und Unterrichtswesens, als Mitbewerber um die Nachfolge von Welckers Lehrstuhl gesetzt worden, zumal man um Flemmings Interesse wusste, nach Halle zu kommen. Althoff war offensichtlich sehr für ihn eingenommen, stand zugleich aber einem Wechsel von Flemming nach Halle mit gemischten Gefühlen gegenüber; denn so sehr er sich für Halle über den Gewinn von Flemmings ausgezeichneter Kraft freuen würde, müsste er für Kiel den Verlust bedauern, hatte er in einem Brief an Flemming geschrieben. Die Wunschliste der Medizinischen Fakultät in Halle enthielt jedoch nach langen Beratungen Flemmings Namen nicht, weil man wohl annahm, Flemming würde sein Kieler Wirkungskreis nicht verlassen wollen. Althoff hätte sich über die Wünsche der Fakultät hinweggesetzt, wenn seine erste Wahl, Flemming, wirklich nach Halle hätte kommen wollen. Der aber hat wegen des fehlenden offiziellen Rufes schließlich dann doch abgesagt und bekundet, eigentlich nicht die Absicht gehabt zu haben, Kiel zu verlassen (Nyhart 1995; Feicht 2007). So wurde am Ende Wilhelm Roux [1850 – 1924], der Begründer der Entwicklungsmechanik, Professor der Anatomie an der Medizinischen Fakultät der Universität Halle-Wittenberg.

Herrn Dr. Martin und Frau Dr. Herta Sagebiel (Münster) gilt mein herzlicher Dank für die Unterstützung bei der Transkription des Brieftextes.

LITERATUR

Bardeleben, K. v. (1900): Ein Ueberblick über das letzte Vierteljahrhundert der Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Dtsch. Med. Wschr. 26, 14–18.

Dhom, G. (2001): Geschichte der Histopathologie. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.

Eberle, H. (2017): Friedrich Steudener. www.calalogus-professorum-halensis.de/steudenerfriedrich.html.

Eulner, H.-H. (1970): Die Entwicklung der medizinischen Spezialfächer an den Universitäten des deutschen Sprachgebietes. Stuttgart.

Feicht, U. (2007): Wilhelm Roux (1850–1924) – seine hallesche Zeit. Dissertation, Medizinische Fakultät, Halle-Wittenberg.

Flemming, W. (1878): Zur Kenntniss der Zelle und ihrer Theilungs-Erscheinungen. Aus einem Vortrag, gehalten im Kieler physiologischen Verein den 1. August 1878. Schr. Naturwiss. Ver. Schlesw.-Holst. 3, 23–27, wieder abgedruckt in: Schr. Naturwiss. Ver. Schlesw.-Holst. (2008) 70, 16–20.

Flemming, W. (1880): Beiträge zur Kenntniss der Zelle und ihrer Lebenserscheinungen, II. Arch. Mikr. Anat. 18, 151–259.

Flemming, W. (1882): Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung. Vogel, Leipzig.

Flemming, W. (1887): Neue Beiträge zur Kenntniss der Zelle. Arch. Mikr. Anat. 29, 389–463.

Flemming, W. (1891): Attraktionssphären und Centrakörper in Gewebszellen und Wanderzellen. Anat. Anz. 6, 78–81.

Froriep, A. (1896) Wilhelm Henke †. Anat. Anz. 12, 475–495.

Gegenbaur, C. (1883): Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Leipzig.

Hardy, P. A. & **H. Zacharias** (2008): Walther Flemming und die Mitose: Der Beitrag seiner ersten Kieler Jahre. Schr. Naturwiss. Ver. Schlesw.-Holst. 70, 3–15.

Hardy, P. A. & H. Zacharias (2009): Walther Flemming on histology in medicine 1878: A newly discovered letter to his father. Ann. Anat. 191, 171–185.

Henke, Ph. J. W. (1863): Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke mit Rücksicht auf Luxationen und Contracturen. Leipzig, Heidelberg.

Henke, (Ph. J.) W. (1884): Topographische Anatomie des Menschen in Abbildung und Beschreibung. Lehrbuch mit fortlaufender Verweisung auf den Atlas. Berlin.

Hertwig, O. (1881): Der anatomische Unterricht. Vortrag beim Antritt der anatomischen Professur an der Universität Jena am 28. Mai 1881. Jena.

Hildebrand, R. (1994): Ein menschliches Bild vom Menschen? Prolegomenon zu einem Wandel des Menschenbildes in der Anatomie. Sudhoffs Arch. 78, 129–153.

Kölliker, A. (1859): Handbuch der Gewebelehre des Menschen für Aerzte und Studirende. 3. Aufl. Leipzig.

Krause, C. F. Th. (1843): Handbuch der menschlichen Anatomie. 1. Bd. Die allgemeine und specielle Anatomie des Erwachsenen. Hannover.

Lesky, E. (1978): Die Wiener medizinische Schule im 19. Jahrhundert. Böhlaus Nachf., Graz, Köln.

Meves, F. (1907): Die Chondriokonten in ihrem Verhältnis zur Filarmasse Flemmings. Anat. Anz. 31, 561–569.

Meyer, G. H. (v.) (1861): Lehrbuch der Anatomie des Menschen. 2. Verb. Aufl. Leipzig.

Meyer, (G.) H. v. (1883): Stellung und Aufgabe der Anatomie in der Gegenwart. Biol. Centralbl. 3, 353–366.

Nyhart, L. K. (1986): Morphology and the German university, 1860–1900. PhD Thesis, University of Pennsylvania.

Nyhart, L. (K.) (1987): The disciplinary breakdown of German morphology, 1870–1900. Isis 78, 365–389. Chicago.

Nyhart, L. K. (1995): Biology takes form. Animal morphology and the German universities, 1800–1900. University of Chicago Press, Chicago, London.

Paweletz, N. (2001): Walther Flemming: pioneer of mitosis research. Nature Rev. Molec. Cell Biol. 2, 72–75.

Peters, G. (1976): Walther Flemming (1843–1905): Sein Leben und sein Werk. Kieler Beiträge zur Geschichte der Medizin und Pharmazie, H. 6. Neumünster.

Rabl, C. (1899): Geschichte der Anatomie an der Deutschen Carl-Ferdinands-Universität in Prag im letzten Jahrhundert mit besonderer Berücksichtigung der letzten fünfzig Jahre. Prag.

Rosenberg, E. (1889): Eine vergleichende Beurtheilung der verschiedenen Richtungen in der Anatomie des Menschen. Vortrag beim Antritt der Professur für Anatomie an der Universität Utrecht am 28. September 1888. Leipzig.

Scharf, J.-H. (1964): Hermann Welcker (1822-1897). In: Freund, H., Berg, A. (Hgg.): Geschichte der Mikrokopie. Leben und Werk großer Forscher. Bd. 2. Medizin. Frankfurt am Main. S. 483–493.

Schumacher, G. H. & H. Wischhusen (1970): Anatomia Rostochiensis. Die Geschichte der Anatomie an der 550 Jahre alten Universität Rostock. Berlin.

Solger, B. (1898): Hermann Welcker †. Anat. Anz. 14, 102–112.

Spee, F. Graf. v. (1906): Walther Flemming †. Anat. Anz. 28, 41–59.

Sturm, L.-B. (1997): Die humananatomische Sammlung des Instituts für Anatomie und Zellbiologie zu Halle/Saale – ihre Geschichte und ihr Präparationsprofil unter den Direktoren Eduard d'Alton (1803–1854), Alfred Wilhelm Volkmann (1801–1877) und Hermann Welcker (1822–1897). Dissertation, Med. Fak. Halle-Wittenberg.

Wiedersheim, R. (1882): Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere auf Grundlage der Entwicklungsgeschichte. Teil 1. Jena.

"SO I CAN RECOMMEND TO YOU WALTHER FLEMMING FOR THE APPOINTMENT [TO THE CHAIR OF GENERAL ANATOMY] WITH FULL CONVICTION": A LETTER OF RECOMMENDATION BY THE ANATOMIST WILHELM HENKE TO THE ANATOMIST AND PHYSIOLOGIST ALFRED WILHELM VOLKMANN IN HALLE FROM 1876

Reinhard Hildebrand

In a letter of January 6th 1876 addressed to the anatomist and physiologist Alfred Wilhelm Volkmann in Halle the anatomist Wilhelm Henke from Tübingen lobbied for his former prosector Walther Flemming for the chair of general anatomy which was to be established in addition to a full professorship in special anatomy at the medical faculty of the University of Halle-Wittenberg. This letter of recommendation in which Flemming is characterized as an excellent scientist in histology and a personality of high humane qualities is discussed against the background of the struggle between a functional and topographical anatomy devoted to medicine and a morphological or genetic direction in anatomy bound up with biological disciplines. In spite of Henke's recommendation Flemming was not offered the chair at the university of Halle-Wittenberg, but accepted the call to the University of Kiel where he had held a position primo loco before.

Univ.-Prof. Dr. med. Reinhard Hildebrand
Reinhard.Hildebrand@ukmuenster.de
Institut für Anatomie & Vaskuläre Biologie
der Westf. Wilhelms-Universität Münster
Vesaliusweg 2–4
48149 Münster

SUBMITTED 08-06-2019 ACCEPTED 13-02-2020 ONLINE 16-03-2020
© 2020 The Author

SCHR NATURWISS VER SCHLESW-HOLST 75 28–47 Kiel III-2020
RESEARCH PAPER

Tierknochenfunde und Geweihreste sowie Geweihartefakte aus dem Flensburger Hafen

Dirk Heinrich
Flensburg

Werner Barkemeyer
Naturwissenschaftliches Museum Flensburg

Bei dem Tierknochenmaterial aus dem Flensburger Hafen handelt es sich um ein Sammelfundgut, das bei Ausbaggerungen im Verlauf mehrerer Jahre vor allem im frühen 20. Jahrhundert und an verschiedenen Stellen im Hafengebiet zu Tage kam. Untersucht wurden insgesamt 93 Knochen- und 87 Geweihreste. Das Knochenfundgut stammt in erster Linie von Rind und Schwein sowie Rothirsch, von dem auch mit wenigen Ausnahmen die Geweihfunde sind. Dabei handelt es sich vornehmlich um Geweihäxte – T-Äxte und Rosenäxte – und typische Abfallstücke aus dem Herstellungsprozess. T-Äxte und das entsprechende Abfallmaterial sind Leitformen der endmesolithischen Ertebølle-Kultur (ca. 5400–4100 v. Chr.), die damit – neben beispielsweise einschlägiger Keramik – auf einen entsprechenden Siedlungsplatz dieser letzten Jäger und Sammler des Landes im Hafengebiet weisen. Knochenfunde weiterer Arten passen mit einiger Wahrscheinlichkeit ebenfalls dazu. Ein Geweih vom Rentier und vielleicht auch spärliche Geweihreste vom Elch deuten auf noch frühere, etwa in die Endphase des Spätglazials weisende, menschliche Aktivitäten im vormaligen Trockental der heutigen Förde, und Haustierreste von Schaf oder Ziege sowie von Rind und Schwein sind eindeutig jünger als ertebøllezeitlich einzustufen, allerdings ohne einen genaueren zeitlichen Ansatz zwischen Neolithikum und womöglich früher Neuzeit zu ermöglichen. Ins Mittelalter, nämlich ins 13./14. Jahrhundert oder vielleicht noch früher datieren jedenfalls Schalen der Sandklaffmuschel, als diese Art, die ursprünglich in Europa fremd ist, eingeschleppt worden ist. Die nachgewiesenen Arten geben gemäß ihrer ökologischen Ansprüche Hinweise auf den Charakter von Landschaft und Gewässer im Hafengebiet. So deutet das Ren auf Parktundra oder lichte Wälder. In jüngeren Phasen, etwa zur Zeit der Ertebølle-Kultur und auch später sind auf jeden Fall die nachgewiesenen Cerviden Rothirsch und Reh, der Ur und das Wildschwein zu erwarten, die bewaldete und teils sumpfige Habitate bevorzugen. Mit dem Eindringen des Meeres in die Niederungsgebiete der heutigen westlichen Ostsee und damit auch in die Talsenke der Förde infolge der Littorina-Transgression kam es zur Bildung von Küstensiedlungen der Ertebølle-Kultur, die infolge fortschreitenden Meeresspiegelanstiegs letztendlich überflutet wurden. Von diesem marinen Stadium zeugen die Knochen von Robben und Walen wie auch die Schalen diverser Muscheln und Schnecken.

Baggerfunde, Ertebølle-Kultur, Spätglazial, Haustiere, Paläoökologie

EINLEITUNG

Die im Naturwissenschaftlichen Museum Flensburg archivierten Tierknochen und Geweihreste aus dem Hafen von Flensburg können als Baggerfunde, die während eines langen, sich über viele Jahre erstreckenden Zeitraums im frühen 20. Jahrhundert gesammelt wurden, in ihrer Gesamtheit weder einem bestimmten Areal innerhalb des Hafens noch einer Epoche bzw. verschiedenen Zeitstufen zugeordnet werden. Hinzu kommt, dass das Fundmaterial nicht gerade umfangreich ist, nicht zuletzt auch weil eine unbekannte Anzahl an Knochen, Geweihfunden und Geräten im Laufe der Jahrzehnte verloren gegangen ist, und zudem nach verschiedenen Kriterien eine Fundauswahl erfolgt ist (s. u.). Somit ist das Fundgut auf den ersten Blick ohne großen Wert. Dennoch lohnt – wie zu zeigen sein wird – eine nähere Betrachtung des Materials unter den im Folgenden zu erörternden Gesichtspunkten zumal in der Vergangenheit zwar mehrfach die Geweihartefakte untersucht worden sind (Röschmann 1963, Dellbrügge 2002), nicht aber die ‚normalen' Tierknochen.

METHODEN

Die im Rahmen von Baggerarbeiten zutage geförderten und aus dem Baggerschutt ausgelesenen Knochen- und Geweihreste stellen ein selektiertes Fundmaterial dar, das in üblicher Weise analysiert wurde: Zunächst wurden die Funde mittels der Vergleichssammlung der Archäologisch-Zoologischen Arbeitsgruppe (AZA) auf Schloss Gottorf in Schleswig nach Skelettelement und Tierart bestimmt und sodann an den Knochenresten alle möglichen weiteren Daten ermittelt wie Erhaltungsstatus, Fragmentierung, Alter und Besonderheiten; eine Auswahl der Knochen wurde vermessen, um so eine Grundlage für Größenabschätzungen zu erhalten (s. Heinrich et al. 1991). Insbesondere bilden aber die verschiedenen Arten als solche und teils auch ihre Frequenzen die Grundlage der Bewertung, nämlich ihre Einordnung in bestimmte Zeit- bzw. Kulturstufen aufgrund ihrer kulturellen Provenienz oder infolge faunengeschichtlicher und zoogeographisch-ökologischer Fakten.

MATERIAL

Zur Herkunft und Beschaffenheit des Fundmaterials

Im Hafengebiet wurden beginnend am Ende des 19. Jahrhunderts, insbesondere aber im ersten Viertel des 20. Jahrhunderts regelmäßig umfangreiche Baggerarbeiten durchgeführt, nicht nur um der Versandung und Verschlickung des Hafens vorzubeugen, sondern auch um das Hafenbecken zu vertiefen in Anpassung an den zunehmenden Tiefgang der immer größer werdenden Schiffe. Insbesondere betraf das die Hafenabschnitte vor den Kai- und Gleisanlagen des Freihafengeländes bei Kielseng und vor der Marineschule Mürwik am Ostufer sowie jene vor der Neuen Werft am Westufer. Das Baggergut wurde an den entsprechenden Uferbereichen für Auflandungsarbeiten genutzt, teils auch nach anderenorts verbracht, z. B. nach Solitüde. Röschmann (1963, S. 173) beklagt, dass bei diesen Arbeiten viel Fundgut aus vor- und frühgeschichtlicher Zeit sowie aus dem Mittelalter verloren gegangen sei, und er verweist auf Konrektor H. Philippsen, der zahlreiche Funde sichern konnte und dem das Museum neben anderen Funden den größten Teil der hier behandelten Knochenreste verdankt. Philippsen schreibt am 24. und 25. Dezember 1912 in den ‚Flensburger Nachrichten': „Man sagt, dass man mit Leichtigkeit einige Körbe voll hätte sammeln können.

Tabelle 1 Flensburg-Hafen. Artbezogene Aufschlüsselung der Knochen- und Geweihfunde, hinzu kommen 2 Schädelknochen-Fragmente vom Menschen; *davon 28 Geräte (22 T-Äxte, 4 Rosenäxte, 2 Geräte unbekannter Funktion (nicht auffindbar: Rind oder Ur: 2 Knochen, Rothirsch: 14 Geweihstücke, Ren: 4 Geweihstücke).

TIERART	KNOCHEN	GEWEIH
Haustiere		
Rind, *Bos primigenius* f. taurus	23	
Schwein, *Sus scrofa* f. domestica	18	
Schaf, *Ovis ammon* f. aries	1	
Schaf/Ziege, *Ovis ammon* f. aries/*Capra aegagrus* f. hircus	1	
Haus- oder Wildtier		
Pferd, *Equus ferus* (f. caballus)	3	
Wildtiere		
Rothirsch, *Cervus elaphus*	24	*81
Elch, *Alces alces*		4
Ren, *Rangifer tarandus*		1
Reh, *Capreolus capreolus*		1
Ur, *Bos primigenius*	2	
Wildschwein, *Sus scrofa*	3	
Sattelrobbe, *Phoca groenlandica*	3	
Wale, Cetacea	9	
Zahnwale, Odontoceti	4	
Delphine, Delphinidae	1	
Enten, Anatidae	1	
Insgesamt	93	87

Leider aber ist fast alles verloren gegangen, da man den hohen Wert nicht kannte."

Die Kielsenger Baggerfunde, die zwischen 1910 und 1937 angefallen sind und die das Gros der hier behandelten Funde darstellen, stammen konkret aus dem Hafenbereich westlich vor Kielseng (Kielsenger Haken) und nördlich der Mündung des Lautrupsbaches (jeweils LA 105[1]), wenige Knochenreste sind dem innersten Hafenbereich (LA 104) zuzuordnen, und das gilt auch für das der neuen Werft vorgelagerte Areal (LA 108) oder für den Bereich vor Mürwik (LA 106; s. hierzu Dellbrügge 2002, Abb. 11). Etliche gänzlich unbeschriftete Funde, die sich also keinem Hafenareal näher zuordnen ließen, wurden in Anlehnung an die für die genannten Hafenareale vergebenen Nummern der Landesaufnahme mit der Kennzeichnung 104–108 versehen. Weitere Knochenreste, deren genaue Herkunft ebenfalls unklar bleibt, tragen die Inventarkennzeichnung des Städtischen Museums Flensburg (P. F.). Es ist allerdings zu vermuten, dass auch diese nicht näher einzuordnenden Funde größtenteils dem Hafengebiet vor Kielseng und nördlich der Mündung des Lautrupsbaches entstammen, in dem über einen so langen Zeitraum immer wieder Baggerarbeiten durchgeführt wurden. Doch

ist nicht nur der ungenaue räumliche Bezug des Fundmaterials unbefriedigend, das gilt auch für seine chronologische Einordnung. Eine zeitliche Datierung ist naturgemäß im Falle von Baggerfunden zunächst unmöglich, wenn man davon absieht, dass Einzelfunde aufgrund ihrer kulturellen Provenienz oder infolge faunenhistorischer und zoogeographisch-ökologischer Gegebenheiten bestimmten Zeit- und/oder Kulturstufen zugeordnet werden können.

Das Material in seiner Gesamtheit – 93 Knochen- und 87 Geweihreste[2] (Tab. 1 u. 2) – wird in seinem Wert für weiterführende Interpretationen aber nicht nur durch die fehlende Möglichkeit räumlicher und zeitlicher Einordnungen gemindert, sondern auch durch Selektion, der es in mehrfacher

Abbildung 1
Flensburg-Hafen. Hausschwein, Unterkiefer (von medial).

Abbildung 2
Flensburg-Hafen. Rothirschgeweih: T-Axt mit teilweise ausgebrochener Schneide.

Weise unterworfen war: Eine Fundgewinnung mit gröbstem Gerät, nämlich mit dem Bagger, und die ungeordnete Deponierung des Baggerschutts bedingen, dass nur in grober Weise und notgedrungen nur oberflächennahe Funde aus dem aufgeschüttetem Substrat geborgen werden konnten. Das bedeutet zunächst eine Selektion nach der Größe, und so verwundert nicht, dass Fischknochen, die – von Ausnahmen abgesehen – besonders klein sind, ganz fehlen und dass die Klasse der Vögel, deren Knochen ebenfalls zumeist ziemlich klein sind und von denen bestenfalls ein Teil – je nach Körpergröße der Art – als mittelgroß zu bezeichnen ist, nur mit einem einzigen Knochen, nämlich dem Radius einer Ente, vertreten ist. Schließlich sind auch die Säugetierknochen insofern größenselektiert, als verhältnismäßig kleine, meist unbestimmbare Knochenbruchstücke weitgehend und Reste körperkleiner Arten vollkommen fehlen; allerdings sind Kleinsäuger, nämlich Nagetiere, indirekt belegt, und zwar durch Nagespuren an einer Geweihkrone vom Rothirsch. Die kleinsten und nicht von ungefähr mit nur wenigen Funden

Tabelle 2 Flensburg-Hafen. Knochenfunde von Säugetieren ohne Geweihreste. Aufschlüsselung nach Skelettelementen; * Schaf, ** Radius und Ulna, *** 9 unbest. Reste von Walen, 4 von Zahnwalen und 1 der Fam. Delphine, **** Element unbestimmt; dazu 2 Schädelreste vom Menschen und 1 Radius einer Ente.

SKELETT-ELEMENT	RIND	SCHAF/ZIEGE	SCHWEIN	PFERD	UR	ROTHIRSCH	WILDSCHWEIN	SATTELROBBE	WALE***	INSGESAMT
Os cornu										
Cranium	4					2	1	1		8
Mandibula	3		10	1		4		1		19
Dentes sup.										
Dentes inf.										
Dentes			2							2
Hyoid										
Atlas	1			1		2				4
Epistropheus										
V. cervicales	1					4				5
V. thoracicae	4		1			1				6
V. lumbales										
Sacrum										
Vertebrae									5	5
Costae									8	8
Sternum										
Clavicula										
Scapula	3				1	3				7
Humerus	1		1			2	1			5
Radius					**1	1				2
Ulna			2							2
Carpalia										
Metacarpalia	1					2				3
Pelvis								1		1
Femur	1	1	1							3
Patella										
Tibia	2	*1	1	1		3	1			9
Fibula										
Talus										
Calcaneus										
übr. Tarsalia										
Metatarsalia	2									2
Metapodia										
Phalanx 1										
Phalanx 2										
Phalanx 3										
Sonstiges									****1	1
Insgesamt	**23**	**2**	**18**	**3**	**2**	**24**	**3**	**3**	**14**	**92**

Abbildung 3 Flensburg-Hafen. Rothirschgeweih: Abfallstück der T-Axt-Produktion bestehend aus dem proximalen (basalen) Teil der Geweihstange mit der Rose und einem schräg abgesetzten distalen Ende als Gegenstück zur Schneide der Axt; Augsprossenansatz und Eissprosse vorhanden.

Abbildung 4 Flensburg-Hafen. Rothirsch, Knochenring aus dem mittleren Schädelteil mit Geweihansatz (von aboral).

nachgewiesenen Arten sind Reh und Schaf oder Ziege, wohingegen z. B. Rind und Rothirsch als vergleichsweise große Tiere das Gros der Knochenfunde stellen. Des Weiteren ist eine Auslese nach gestaltlichen Besonderheiten erfolgt. Nur so ist zu erklären, dass die Hälfte der Funde Geweihreste sind, sei es, dass ihre Form wie z. B. Kronen oder Sprossen besonders ins Auge fielen, sei es, dass die aus Geweih hergestellten als besonders markant empfundenen Gerätschaften vorrangig aufgelesen wurden wie insbesondere die in großer Zahl überlieferten Geweihäxte (n = 26). Neben dieser Sekundärselektion beim Auflesen der Funde aus dem Baggergut mag aber für die Vielzahl der Geweihreste als weiterer Faktor eine Primärselektion mitursächlich sein insofern, als die Siedler seinerzeit Geweihmaterial gezielt gesammelt und verwertet haben und es somit auch besonders häufig in den Siedlungsabfall geraten ist. Als ein weiteres Beispiel für die genannte Sekundärselektion kann auf jeden Fall die im Vergleich zu anderen Elementen große Anzahl an Unterkiefern im Fundgut angeführt werden, die teils durch ihre Größe, besonders aber durch die Zähne so auffällig sind (n = 19; s. Tab. 2; Abb. 1[3]).

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Kulturelle und zeitliche Bezüge des Fundmaterials

Welche Funde lassen sich nun bestimmten Kultur- und damit Zeitstufen zuordnen? Da sind zunächst Geweihartefakte anzuführen: Die zahlreich vorhandenen, wohl im Rahmen unterschiedlicher Holzbearbeitung verwendeten Tüllenäxte oder T-Äxte (n = 22; Abb. 2) gehören zu den Leitformen der endmesolithischen Ertebølle-Kultur (Dellbrügge 2002), die in Dänemark sowie Teilen Südschwedens und Norddeutschlands etwa zwischen 5400 und 4100 v. Chr. bestand und die besonders durch Küstensiedlungen charakterisiert ist, welche infolge eustatischen und isostatischen Meeresspiegelanstiegs im südlichen und südwestlichen Ostseegebiet heute submarin gelegen sind. Die Flensburger Förde war davon nicht ausgenommen, und so wird es im Gebiet des Flensburger Hafens dem einschlägigen Fundmaterial zufolge einen Siedlungsplatz dieser Kultur gegeben haben. Er befand sich vermutlich wie die Vielzahl der dortigen Funde vermuten lässt nahe der Mündung des Lautrupsbaches (s. o.), wo die Menschen unmittelbar Zugang zu Trinkwasser hatten. Damit ist ein zeitlicher Ansatzpunkt für die T-Äxte und damit für den Siedlungsplatz im Hafengebiet gegeben. Dieser findet eine Bestätigung durch die 14C-Datierung einer T-Axt, für die ein kalibriertes Alter von cal BC 4519 bis 4356 (BP 5611 + 39; KIA 35151) ermittelt wurde. Bei der Fertigung dieser Äxte fiel auch Abfall an, der sich ebenfalls unter den Funden aus dem Hafen befindet; neben Sprossen und Kronen ist der proximale (basale) Abschnitt des Geweihs – sei es von einem schädelechten oder einem Abwurfexemplar – als besonders typisch in seiner Ausprägung und damit in diese Kultur eindeutig datierbar hier anzuführen (n = 7; Abb. 3). In der Regel handelt es sich dabei um den proximalen Teil der Geweihstange mit der Rose und einem schräg abgesetzten distalen Ende als Gegenstück zur Schneide der Axt; Aug- und oft auch Eissprosse sitzen ebenfalls an diesem Abfallstück (Dellbrügge 2002). Auch Kronenstücke und Sprossen, zumindest soweit sie mittels einer Ringkerbe sauber von der Stange abgetrennt worden waren, sind aus ertebøllezeitlichen Fundkomplexen vielfach überliefert, und so passen die entsprechenden hier gefundenen ebenfalls zum Material von dem vermuteten Siedlungsplatz.

Die Ertebølle-Kultur ist insbesondere durch Abfallhaufen aus Muscheln und Schnecken, aber auch Knochen, den sogenannten

Abbildung 5
Flensburg-Hafen. Rothirschgeweih: Rosenaxt.

Køkkenmøddinger, an den Siedlungsplätzen charakterisiert, wie man sie vielfach in Dänemark gefunden hat und auch vom namengebenden Platz Ertebølle am Limfjord kennt. Solche Abfallhaufen sind von den norddeutschen Siedlungsplätzen der Ertebølle-Kultur nicht bekannt. Doch könnte es nicht sein, dass hier noch kein einziger entdeckt worden ist, weil sie überflutet worden sind? Zumindest ist nicht gänzlich auszuschließen, dass ein Teil der im Hafengebiet und in südlich anschließenden heute landfesten, aber früher zur Innenförde gehörenden Bereichen gefundenen Weichtierreste, über die H. Philippsen 1923 in den Flensburger Nachrichten berichtet hat (s. auch Röschmann 1963), von einem solchen erodierten Muschelhaufen stammen; dabei handelt es sich vor allem um Schalen von Austern, Teppich-, Mies- und Herzmuscheln sowie Strandschnecken, und auch Netzreusenschnecken sind belegt; Philippsen schreibt in seinem Bericht sowohl von ‚Abfallhaufen', als auch von ‚Muschelbänken'. Es soll aber nicht verschwiegen werden, dass in der Flensburger Innenförde auch fünf eisenzeitliche Muschelhaufen nachgewiesen worden sind, zwei davon im Bereich des Flensburger Hafens (Offermann 2018). So ist ebenfalls möglich, dass die Molluskenreste zumindest

zum Teil von diesen eisenzeitlichen Haufen aus dem Hafen stammen.

Als weiteres Geweihartefakt im Fundmaterial, das der Ertebølle-Kultur zugeordnet werden kann, ist eine sorgfältig geglättete Rothirschgeweihsprosse, die am basalen Ende auf der konkaven Seite abgeflacht und dort durchbohrt ist, anzuführen (s. Dellbrügge 2002, Taf. 13.2, Kat.Nr. 082; von Röschmann als Ren angesprochen, Taf. 124.9). Über die Funktion läßt sich nur spekulieren. Ein beinahe identisches Fundstück ist vom Fundplatz Wangels LA 505 in Ostholstein bekannt, der auch in die Ertebølle-Kultur datiert wird (Hartz 2000).

Ein Fundstück, das nicht von vornherein und grundsätzlich auf die Ertebølle-Kultur zu beziehen ist, wohl aber auf endmesolithische Kulturen in der Auseinandersetzung mit benachbarten und sie von Süden her bedrängenden Stämmen mit neolithischer Wirtschaftsweise, also frühen Bauern, ist womöglich ein Knochenring aus dem geweihtragenden Schädelteil eines Rothirsches (Abb. 4). Ein solcher Ring, bestehend aus dem mittleren Bereich des Schädels mit Teilen des geweihtragenden Os frontale, bleibt übrig, wenn Gesichtsschädel und Hinterhauptsbereich transversal von diesem Mittelstück abgetrennt werden. Solche Stücke mit im Wachstum begriffenen Geweihen beschreiben David et al. (2016) für endmesolithische Wohnplätze in Belgien, Deutschland und Polen und messen ihnen eine symbolische Bedeutung für die letzten Jäger, Fischer und Sammler bei in ihrer Abgrenzung gegenüber dem Expansionsdruck der neolithischen Kulturen. Dabei ist vorstellbar, dass sie mit den im Wachstum begriffenen Geweihen auf die Erneuerung des Lebenszyklus weisen wollten oder dass diese als territoriale Markierung dienten, möglicherweise befestigt an Bäumen wie es aus ethnographischem Zusammenhang bekannt ist; oder solche Knochenringe waren einfach ein Symbol des geweihtragenden Großwildes für die Bedeutung der Jagd. Sollte es sich bei dem in Frage stehenden Schädel-Geweih-Artefakt um ein solches Symbol handeln, so würde es auf jeden Fall in den ertebøllezeitlichen – also endmesolithischen – Kontext des im Hafen vermuteten Wohnplatzes passen.

An dieser Stelle soll auf zusätzliche Belege für einen Siedlungsplatz dieser Kultur verwiesen werden; das betrifft neben einigen Flintgeräten und ein Walzenbeil eindeutige ertebøllezeitliche Keramik, nämlich spitzbodige Gefäße, deren verdickte Bodenspitzen neben anderen Scherben mehrfach bei den Ausbaggerungen zutage traten (Röschmann 1963).

Rosenäxte (Abb. 5), die aus der Rose und dem anschließenden basalen Stangenabschnitt des Geweihs hergestellt wurden und von denen das Fundgut vier Exemplare – alle mit schaftlochparalleler Schneide – aufweist, hat es auch in der Ertebølle-Kultur gegeben, doch sind sie ebenfalls aus der vorhergehenden Kulturstufe sowie aus dem Neolithikum und noch späterer Zeit überliefert (Dellbrügge 2002). So sind sie also nicht genauer zu datieren, ebenso wenig erlauben sie eine eindeutige Funktionszuweisung. Sie sollen in der jüngeren Ertebølle-Kultur von T-förmigen Geweihäxten in den Hintergrund gedrängt worden sein; das passt immerhin zu dem zahlenmäßigen Übergewicht der T-Äxte im Geweihmaterial aus dem Hafen. So mögen auch die Rosenäxte aus derselben Siedlung stammen.

Für eine zeitliche Einordnung können manchmal auch faunenhistorisch-zoogeographische Argumente herangezogen werden. Das gilt auch für das Material aus dem Hafen. So paßt der Nachweis der Sattelrobbe (Abb. 6; zur Unterscheidung von Kegelrobbe und Seehund s. Heinrich 1991) durchaus zum Zeitansatz der Ertebølle-Kultur wie z. B. zahlreiche Robbenfunde einschließlich solcher der Sattelrobbe in Neustadt

Abbildung 6 Flensburg-Hafen. Sattelrobbe, Gesichtsschädel (von lateral).

und Timmendorf-Nordmole I im Bereich der Mecklenburger Bucht zeigen (Schmölcke 2005, Schmölcke et al. 2009). Die Sattelrobbe ist eine wanderfreudige arktisch-subarktische Art, die heute gelegentlich als Irrgast auch in europäischen Gewässern angetroffen wird. Doch wie die Funde von den genannten und auch weiteren Siedlungsplätzen ausweisen, war sie im Atlantikum und Subboreal – warmen Klimaabschnitten der Nacheiszeit, in die auch die endmesolithische Ertebølle-Kultur und die auf diese folgende frühneolithische Trichterbecherkultur gehören – in der Ostsee regelmäßig anzutreffen. Während man früher ihr Vorkommen dort mit Nahrungszügen von Tieren aus dem Nordmeer in südliche Meeresgebiete erklärte, gibt es jetzt auch Knochenfunde von juvenilen und ganz jungen Tieren im Ostseeraum, die auf eine eigenständige Population mit ihrem Zentrum zwischen dem schwedischen Festland und Gotland hindeuten (Storå zit. in Schmölcke & Glykou 2007). Um 2000 v. Chr. werden die Nachweise seltener und aus der Endphase des Subboreals um 1000 v. Chr. gibt es nur noch vereinzelte. Über die Gründe kann man spekulieren; Klimaveränderungen, Konkurrenz mit anderen Robbenarten und Jagddruck werden diskutiert. Die bislang jüngsten Sattelrobbenfunde aus Schleswig-Holstein stammen von Wangels im Oldenburger Graben und datieren in die Zeit um 2800 v. Chr. So mag die Art bereits im Laufe des 3. vorchristlichen Jahrtausends aus den hiesigen Gewässern verschwunden sein (Schmölcke & Glykou 2007).

Wenn T-Äxte und Sattelrobben auf die Zeitphase der Ertebølle-Kultur und Trichterbecher-Kultur und damit auf das mittlere Holozän weisen und die Rosenäxte den Zeitraum etwas erweitern sowohl in ältere als auch in jüngere Zeit, so gibt es weitere Funde, welche die durch das Material aus dem Hafen abgedeckte Zeitspanne noch erheblich ausdehnen. So weist eine Rengeweihstange, ein Abwurfexemplar mit teils abgebrochenen

Sprossen auf eine sehr viel frühere Zeitstellung. Röschmann (1963) erwähnt noch einige weitere heute nicht mehr auffindbare Rengeweihstücke sowie eine ebenfalls verschollene als Schaft einer Schlagwaffe gedeutete am Rosenende beschnittene und durchbohrte Stange (Taf. 126,8, vgl. Anm. 2; s. auch Dellbrügge 2002). Rentiere waren im norddeutschen Tiefland für die spätglazialen Jäger von außerordentlicher Bedeutung, und zumindest während ihrer jahreszeitlichen Wanderungen zwischen ihren Überwinterungsgebieten und Sommerweiden wurden sie in großer Zahl an Engstellen ihrer Wanderwege bejagt. Dies weisen die Funde der spätglazialen Hamburger Kultur (ca. 12700–12000 v. Chr.) und der etwas jüngeren Ahrensburger Kultur aus dem Ahrensburger Tunneltal aus (Bokelmann et al. 1998, Müller-Wille et al. 2006, Terberger 2002). Die Ahrensburger Kultur fällt in die dem Ren gemäße kalte Klimaperiode der jüngeren Dryas- oder Tundrenzeit (ca. 10700–9600 v. Chr.[4]) am Ende der Weichsel-Kaltzeit. Doch konnte die Art in der Warmphase vor der jüngeren Dryaszeit, dem Allerød-Interstadial (ca. 12000–10700 v. Chr.), nicht nur in Dänemark und Südschweden (Benecke & Heinrich 2003), sondern auch in Schleswig-Holstein überdauern, sie ist sogar noch bis etwa zum Beginn der darauf folgenden Vorwärmezeit, dem Präboreal (ca. 9600–8700 v. Chr.), in Schleswig-Holstein vorgekommen wie ein Fund aus Brodersdorf bei Kiel belegt, der auf ein Alter von 9746 calBC datiert werden konnte (Clausen 2004). Somit kann ein entsprechendes Mindestalter für die Abwurfstange aus dem Hafen angenommen werden.

Während die Rentierfunde zeigen, dass die tierischen Hinterlassenschaften aus dem Hafen viel weiter zurückreichen als die gut belegte Ertebølle-Zeit, gibt es auch eindeutige Funde, die in die jüngere Vergangenheit weisen, nämlich Reste von Haustieren. So sind die ältesten Nachweise von Schaf und Ziege – das Schaf ist durch eine Tibia sicher belegt und ein Femur stammt entweder vom Schaf oder von der Ziege – frühestens aus dem Neolithikum, denn Haustiere sind seither in Europa bekannt. In Schleswig-Holstein treten sie erstmals in der auf die Ertebølle-Kultur folgenden Trichterbecherkultur auf, wenngleich ganz vereinzelte Knochenfunde von Haustieren z. B. für Wangels in Ostholstein bereits aus der Endphase der Ertebølle-Zeit überliefert sind (Hartz & Lübke 2006, Hartz et al. 2014). Da weder Schafe noch Ziegen in unserem Gebiet als Wildformen vorkommen, muss es sich also bei den Tieren, von denen diese zwei Knochen stammen, mit Sicherheit um Haustiere gehandelt haben. Das ist bei Schwein und Rind anders, doch unterscheiden sich Wild- und Haustierform unter vor- und frühgeschichtlichen Funden – neben anderen Merkmalen – jeweils sehr in der Größe (Benecke 1994, s. auch Herre & Röhrs 1990). Deshalb können neben einigen Wildschweinresten im Fundgut aus dem Hafen eine größere Anzahl an Schweineknochen aufgrund ihrer vergleichsweise geringen Größe eindeutig der Haustierform zugeordnet werden. Das gleiche gilt für das Rind: Neben einer Scapula und einem Radius, die eindeutig in das Größenspektrum von Urkühen fallen (Degerbøl & Fredskild 1970), und von denen der vollständig erhaltene Radius (GL: 341,2 mm) mittels eines Umrechnungsfaktors (4,3; Matolcsi 1970) auf eine Widerristhöhe von 147cm schließen lässt, gibt es eine größere Anzahl an Resten des Hausrindes; zwei vollständig erhaltene Knochen, ein Metacarpus (Abb. 7) und eine Tibia, weisen auf Individuen mit Widerristhöhen von 112cm (Metacarpus: GL 181,4 mm x Faktor 6,13) respektive 115 cm (Tibia: 333,3 mm x Faktor 3,45; s. Tab. 3).

Ob die nachgewiesenen Schweine und Rinder womöglich aus vergleichsweise jungen mittelalterlichen oder gar frühneuzeitlichen Fundzusammenhängen stammen, kann

Abbildung 7
Flensburg-Hafen. Metacarpus vom Ur (links, Vergleichsexemplar, Widerristhöhe ca. 150 cm) aus der Sammlung der AZA und vom Hausrind (rechts, Widerristhöhe ca. 112 cm) aus dem Hafenmaterial im Größenvergleich (von dorsal).

nicht entschieden werden, doch ist eine solche Vermutung nicht abwegig, zumal es auch einen sicheren Beleg für das Mittelalter oder noch jüngere Zeit im Fundgut gibt, nämlich Schalen der Sandklaffmuschel. Diese nach der Eiszeit außer in nördlichen Pazifikbereichen nur an der nordamerikanischen Atlantikküste heimische Art ist im Mittelalter, nämlich im 13./14. Jahrhundert in Europa weit verbreitet, nachdem sie wohl einige Jahrhunderte zuvor von Wikingern hierher eingeschleppt worden war (Behrends et al. 2005). Dazu passen Angaben in einem Bericht von H. Philippsen in den Flensburger Nachrichten aus dem Jahr 1923 über seine Beobachtungen bei Baggerungen und Ausschachtungsarbeiten. Darin ist u. a. von Austernbänken und – allgemeiner – von Muschelbänken im Hafengebiet und angrenzenden, früher unter Wasser liegenden Arealen die Rede (s. auch S. 36). Als besonders auffällig vermerkt er dabei, „… daß die große weiße Klaffmuschel, die Mya, sich in großen Exemplaren bereits eben über, wenn nicht schon mit den Austern zusammen findet“ (zit. in Röschmann 1963, S. 29). Es ist also kein Zufall, dass die Schalen der Sandklaffmuschel oberhalb der Austernschalen gefunden worden sind, denn die aus Austernschalen bestehenden Ablagerungen müssen bereits vorhanden gewesen sein, als die Sandklaffmuschel sich ansiedelte. Da die Art verhältnismäßig tief ins

Substrat (30 cm) eingegraben lebt, ist auch der Eindruck der Gleichzeitigkeit mit den Austern verständlich.

Gepräge von Landschaft und Gewässer

Die nachgewiesenen Arten und möglicherweise – wenn auch durch die Selektion eingeschränkt – ihre Frequenzen geben gemäß der arteigenen ökologischen Ansprüche Hinweise auf den Charakter von Landschaft und Gewässer im Umfeld des heutigen Hafenbereichs. Die Reste des Rens deuten auf Parktundra mit Zwergbirke sowie einzelnen Baumbirken und Kiefern, sofern sie der jüngeren Dryaszeit zugehören sollten. Im vorhergehenden Allerød-Interstadial oder auch in der darauf folgenden Vorwärmezeit, dem Präboreal – beide Epochen sind wie erwähnt ebenfalls für das Vorkommen der Art nicht auszuschließen – gab es auch lichte Wälder mit Birken und Kiefern sowie teils Hasel. Welcher Epoche innerhalb dieser langen Zeitspanne die nachgewiesenen Rene auch angehört haben mögen, eine starke Bejagung großer Herden an Zwangswegen wie dem Ahrensburger Tunneltal (vgl. z. B. Bokelmann et al. 1998, Terberger 2002) hat es sicher nicht gegeben, denn in jenem Fall wäre die Anzahl der Reste der Art viel größer gewesen. Es wird also eher Einzeljagd betrieben worden sein, wie sie übrigens in den Wäldern des Allerød-Interstadials oder des Präboreals angemessen und ausschließlich möglich gewesen sein wird. Andere Arten wie z. B. unter den Großtieren vor allem Elch und dann – mehr zu Beginn des Holozäns – auch Rothirsch sowie Ur treten hinzu, ferner Wildschwein und Reh – alles im Knochenmaterial vertretene Säugetiere, die allerdings nicht auf diesen Zeitansatz festgelegt werden können.

Die wenigen Pferdereste können ebenfalls nicht in Hinsicht auf ihre zeitliche Einordnung und auch nicht in Hinsicht auf ihren Status bewertet werden, denn es könnte sich dabei um solche von Hauspferden handeln, die etwa seit dem 3. Jahrtausend v. Chr. für Mitteleuropa und Südskandinavien belegt sind (Benecke 1994); jedoch ist auch nicht sicher auszuschließen, dass die Funde von Wildpferden sind, die noch bis in die Ertebølle-Zeit – wenn auch nur in sehr kleinen zerstreuten Populationen – in Mitteleuropa, z. B. in offenen Bereichen innerhalb der flächendeckenden Waldgebiete, z. B. in Niederungen und Talauen, überdauern konnten. Danach, in der Jungsteinzeit, breiteten sie sich, begünstigt durch Öffnung der Landschaft durch den Menschen, z. B. im Rahmen von Rodungen für den Ackerbau, zeitweise sogar wieder stärker aus (Sommer et al. 2011). Gleichwohl ist das Wildpferd vor allem zu den Charakterarten der spätpleistozänen Huftierfauna der Kaltsteppengebiete zu rechnen. Da Wildpferde also nach der Wiedererwärmung nur in suboptimalen Habitaten überdauern konnten und zudem bei dieser Spezies im Holozän die mittlere Körpergröße von Ost nach West abnimmt, gibt es in diesem Falle keine sicheren Unterschiede in der Größe zwischen Haustier und Stammart.

In der letzten Phase der Eiszeit und des beginnenden Holozäns bildete sich, gespeist vor allem von den Schmelzwässern des abtauenden skandinavischen Inlandeises im östlichen Teil des Ostseebeckens ein riesiger Süßwassersee, der sogenannte Baltische Eisstausee. Um 10300 v. Chr., also in der jüngeren Dryaszeit, entstand eine Verbindung dieses Gewässers über Mittelschweden nach Westen mit dem Kattegat, und es bildete sich ein Brackwassermeer von ähnlichen Ausmaßen, das Yoldia-Meer, benannt nach der Salzwassermuschel *Yoldia arctica*. Mit der isostatischen Landhebung Schwedens verengte sich die Verbindung zwischen Kattegat und Yoldia-Meer

zusehends und reichte schließlich für einen Wasseraustausch nicht mehr aus, und um 8800 v. Chr., im späten Präboreal, beginnend bildete sich nun, gespeist von den einmündenden Flüssen, wieder ein Süßgewässer, der Ancylus-See, benannt nach der Süßwasserschnecke *Ancylus fluviatilis*. Allen diesen Gewässern ist gemeinsam, dass ihre Ausdehnung – abgesehen von einer kurzen Zeitspanne den Ancylus-See betreffend – nicht bis in das Gebiet der heutigen westlichen und südlichen Ostsee reichte, und es bestand eine breite Landverbindung zwischen dem heutigen Norddeutschland über Dänemark bis Südschweden (Lemke 2005). Das betraf auch den Bereich der heutigen Flensburger Förde, deren Hohlform durch eine Gletscherzunge gebildet worden war. „In der Yoldia- und der Ancylus-Zeit war die Flensburger Innenförde ein breites bewaldetes Trockental mit flachen Süßwasserbecken an den tiefsten Stellen, die von den kurzen Rinnsalen des Lautrupsbaches, des Mühlenstromes und der Krusau gespeist wurden“ (Röschmann 1963, S. 28). Weite Teile des deutschen Küstenvorfeldes waren also Festland, das von zahlreichen Seen und Mooren durchsetzt war.

Insbesondere während der Ancylus-Zeit konnten zahlreiche Tierarten, diese Landverbindung nutzend, sich von Süden über den heutigen dänischen Ostseearchipel bis nach Skandinavien ausbreiten. Zu dieser Zeit veränderte sich auch die Waldbedeckung zusehends: Die im Präboreal einsetzende Erwärmung verstärkt sich in der Folgezeit, dem Boreal (ca. 8700–7300 v. Chr.), und es wandern nun zunehmend wärmeliebende Bäume ein. Dabei ist zunächst die Hasel zu nennen, später erscheinen Ulme, Eiche, Linde, Esche und Ahorn. Gemeinsam bilden sie den Eichenmischwald. Zu Beginn der folgenden Klimaperiode, dem Atlantikum (ca. 7300–3700 v. Chr.), breitet sich rasant die Schwarzerle aus (Behre 2008). Die oben genannten Großtiere mit Ausnahme des Pferdes (s. o.) und auch weitere wie z. B. Fuchs, Dachs, weitere Marderarten und Wildkatze, um nur einige mittelgroße und nicht im Fundgut nachgewiesene zu nennen, finden nach wie vor gute Lebensbedingungen.

Etwa 6700 v. Chr. kam es zu einem tiefgreifendem Wandel, denn in dieser Zeit drang das Meer über die Belte und Sunde erneut in das Ostseebecken ein und nun wurden nach und nach infolge des Meeresspiegelanstiegs auch die Niederungsgebiete der Mecklenburger und der Kieler Bucht und damit auch die Talsenke der heutigen Flensburger Förde Teil der Ostsee, die nun Littorina-Meer nach der Salzwasser anzeigenden Strandschnecke, *Littorina littore*a, genannt wird. Diese als Littorina-Transgression bezeichnete Überflutungsphase schwächte sich nach etwa 600 Jahren ab. Während dieser Phase stieg der Wasserspiegel pro Jahr um etwa 2,5 cm und im genannten Zeitraum damit um etwa 15m. Die Transgression insgesamt endete etwa um 4000 v. Chr. (Lemke 2005). Etliche Siedlungsplätze in den vormaligen Niederungsgebieten waren von der Überflutung nach und nach betroffen, und so ist verständlich, dass auch eine Ertebølle-Siedlung im Bereich der Flensburger Innenförde dem Meeresspiegelanstieg zum Opfer fiel. Danach stieg der Wasserspiegel nur noch geringfügig, und seit etwa 4000 v. Chr. veränderten sich die Küstenlinien nur noch durch Küstenausgleichsprozesse. Von diesem marinen Stadium der Ostsee zeugen die Robbenknochen im Fundgut, ferner auch Reste von Walen, nämlich Fragmente von Rippen und Wirbeln von Arten verschiedener Größe, darunter einige Stücke von Großwalen, weitere von mittelgroßen Individuen wie etwa Schwertwalen und ein Wirbel eines kleineren Vertreters der Familie Delphinidae, die hier mangels Vergleichsmöglichkeiten mit rezenten Skeletten nicht näher

behandelt werden können. Schließlich sind die Schalen und Gehäuse der oben erwähnten Mollusken hier anzuführen.

ANMERKUNGEN

[1] Nummer der Archäologischen Landesaufnahme

[2] Die ursprüngliche Anzahl ist deutlich höher gewesen, denn im Laufe der vielen Jahrzehnte sind wohl etliche Funde verloren gegangen. Allein 16 nicht auffindbare Funde hat Röschmann (1963) auf Tafeln vorgestellt, nämlich eine Rosenaxt (Taf. 124.11) und vier T-Äxte (Taf. 127.2, 127.5, 127.9, 128.3) sowie fünf basale Abfallstücke von deren Herstellung (Taf. 124.7, 127.8, 125.3, 125.7, 129.5), ferner drei Sprossen (Taf. 128.1, 128.2, 129.7), alle aus Rothirschgeweih, zwei Schulterblätter vom Ur oder Rind (Taf. 126.6, 126.7) und schließlich eine als Schaft einer Schlagwaffe gedeutete Rengeweih-Stange (Taf. 126.8); Dellbrügge (2002) führt weitere vier Fundstücke an, nämlich eine Rosenaxt aus Rothirschgeweih (Kat. 103) und drei Rengeweih-Fragmente (Kat. 048, 084).

[3] Die Abbildungen verdanke ich Wolfgang Lage, Mucheln, Kreis Plön.

[4] Zeitangaben für die Klimaperioden in Anlehnung an entsprechende stratigraphische Tabellen des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen (Heunisch et al. 2017; s. auch www.lbeg.niedersachsen.de/geologie/erdgeschichte-von-niedersachsen/stratigraphie-von-niedersachsen/stratigraphie-von-niedersachsen.html)

[5] I am much indebted to Dr. James H. Barrett, Cambridge, for correcting my English (D.H.).

LITERATUR

Behre, K.-E. (2008): Landschaftsgeschichte Norddeutschlands. Umwelt und Siedlung von der Steinzeit bis zur Gegenwart. Neumünster.

Behrends, B., G. Hertweck, G. Liebezeit & G. Goodfriend (2005): Earliest Holocene occurrence of the soft-shell clam, *Mya arenaria*, in the Greifswalder Bodden, Southern Baltic. Marine Geology 216, 79–82.

Benecke, N. (1994): Der Mensch und seine Haustiere. Die Geschichte einer jahrtausendealten Beziehung. Stuttgart.

Benecke, N. & D. Heinrich (2003): Neue Daten zur Entwicklung der Huftierfauna im Tieflandgebiet zwischen Elbe und Oder im Spätglazial und Altholozän. Archeozoologia 21, 19–36.

Bokelmann, K., B. Bratlund & S. Hartz (1998): Steinzeitliche Jäger in Schleswig-Holstein. Archäologisches Landesmuseum der Christian-Albrechts-Universität Schloß Gottorf (Hrsg.). Schleswig.

Clausen, I. (2004): The reindeer antler axe of the Allerød period from Klappholz LA 63, Kreis Schleswig-Flensburg/Germany. Is it a relict of the Federmesser, Bromme or Ahrensburg culture? In: T. Terberger, B.V. Eriksen (eds.), Hunters of a changing world – environment and archaeology of the Pleistocene-Holocene transition (ca. 11000-9000 B.C.) in Northern Central Europe. Workshop of the U.I.S.S.P. Commission XXXII at Greifswald in Sept. 2002, 141–164. Rahden/Westfalen.

David, É., Chr. Casseyas, P. van der Sloot & J.-M. Léotard (2016): A symbolic use of antler ingrowth, to face Neolithization. In: S. Vitezović (ed.), Close to the bone: current studies in bone technologies, 112–120. Belgrade.

Degerbøl, M. & B. Fredskild (1970): The Urus (*Bos primigenius* Bojanus) and Neolithic domesticated cattle (*Bos taurus domesticus* Linné) in Denmark with a revision of *Bos*-remains from the kitchen middens. Zoological and palynological investigations. Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab Biologiske Skrifter 17,1. København.

Dellbrügge, S.B. (2002): Steinzeitliche Knochen- und Geweihfunde im nördlichen Schleswig-Holstein. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie 83. Bonn.

Driesch, A. von den (1976): Das Vermessen von Tierknochen aus vor- und frühgeschichtlichen Siedlungen. München.

Hartz, S. (2000): Frühbäuerliche Küstenbesiedlung im westlichen Teil der Oldenburger Grabenniederung (Wangels LA 505). Ein Vorbericht. Offa 54/55, 1997/98 (2000), 19–41.

Hartz, S. & H. Lübke (2006): New evidence for a chronostratigraphic division of the Ertebølle culture and the earliest Funnel Beaker culture on the southern Mecklenburg Bay. In: C. J. Kind (ed.), After the Ice Age. Settlements, Subsistence and Social development in the Mesolithic of Central Europe. Materialhefte zur Archäologie in Baden-Württemberg 78, 59–74. Stuttgart.

Hartz, S., H. Jöns, H. Lübke, U. Schmölcke, C. von Carnap-Bornheim, D. Heinrich, S. Klooß, F. Lüth & S. Wolters (2014): Prehistoric settlements in the southwestern Baltic Sea area and development of the regional Stone Age economy. In: J. Harff, F. Lüth (eds.), SINCOS II – Sinking Coasts: Geosphere, Ecosphere and Anthroposphere of the Holocene Southern Baltic Sea. Bericht der Römisch-Germanischen Kommission 92, Darmstadt 2011, 77–210.

Heinrich, D. (1991): Untersuchungen an Skelettresten wildlebender Säugetiere aus dem mittelalterlichen Schleswig. Ausgrabung Schild 1971–1975. Ausgrabungen in Schleswig. Berichte und Studien 9. Neumünster.

Heinrich, D., H. Reichstein & K. Schietzel (1991): 25 Jahre Archäologisch-Zoologische Arbeitsgruppe Schleswig-Kiel. Offa 48, 9–39.

Herre, W. & M. Röhrs (1990): Haustiere – zoologisch gesehen. Stuttgart, New York.

Heunisch, C., G. Caspers, J. Elbracht, A. Langer, H.-G. Röhling, C. Schwarz & H. Streif (2017): Erdgeschichte von Niedersachsen – Geologie und Landschaftsentwicklung. GeoBerichte 6, 3–8. Hannover.

Lemke, W. (2005): Die kurze und wechselvolle Entwicklungsgeschichte der Ostsee – Aktuelle meeresgeologische Forschungen zum Verlauf der Litorina-Transgression. Bodendenkmalpflege in Mecklenburg-Vorpommern, Jahrbuch 2004-52, 43–54. Lübstorf.

Matolcsi, J. (1970): Historische Erforschung der Körpergröße des Rindes auf Grund von ungarischem Knochenmaterial. Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie 87, 89–137.

Müller-Wille, L., D. Heinrich, V.-P. Lehtola, P. Aikio, Y. Konstantinov & V. Vladimirova (2006): Dynamics in Human-Reindeer Relations: Reflections on Prehistoric, Historic and Contemporary Practices in Northernmost Europe. In: B. C. Forbes, M. Bölter, L. Müller-Wille, J. Hukkinen, F. Müller, N. Gunslay, Y. Konstantinov (eds.), Reindeer Management in Northernmost Europe. Ecological Studies 184, 27–45. Heidelberg.

Offermann, K. J. (2018): Eisenzeitliche Muschelhaufen am Windebyer Noor – Eine Neubewertung ausgehend vom Fundplatz Eckernförde (Stadt) LA 56, Kr. Rendsburg-Eckernförde. Siedlungs- und Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet (SKN) 41, 41–131.

Röschmann, J. (1963): Vorgeschichte des Kreises Flensburg. Die vor- und frühgeschichtlichen Denkmäler und Funde in Schleswig-Holstein Bd. VI. Neumünster.

Schmölcke, U. (2005): Neue archäozoologische Untersuchungen zur Mecklenburger Bucht und zum Jasmunder Bodden. Bodendenkmalpflege in Mecklenburg-Vorpommern, Jahrbuch 2004-52, 145–153. Lübstorf.

Schmölcke, U. & A. Glykou (2007): Pelikane, Schildkröten, Störe und Sattelrobben in Schleswig-Holstein: Exotik an der steinzeitlichen Ostseeküste. Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein 69, 41–52.

Schmölcke, U., A. Glykou & D. Heinrich (2009): Faunal development in the southwestern Baltic area. In: J. Harff, F. Lüth (eds.), SINCOS – Sinking Coasts. Geosphere, Ecosphere and Anthroposphere of the Holocene Southern Baltic Sea. Bericht der Römisch-Germanischen Kommission 88, Mainz 2007, 205–217.

Sommer, R. S., N. Benecke, L. Lõugas, O. Nelle & U. Schmölcke (2011): Holocene survival of the wild horse in Europe: a matter of open landscape? Journal of Quaternary Science 26, 805–812.

Terberger, T. (2002): Der Mensch im Eiszeitalter. In: U. von Freeden, S. von Schnurbein (Hrsg.), Spuren der Jahrtausende. Archäologie und Geschichte in Deutschland, 60–93. Stuttgart.

Tabelle 3 Flensburg-Hafen. Auswahl an Messwerten; Maßangaben in mm; Messstrecken nach von den Driesch (1976); die in Klammern gesetzten Maßkurzbezeichnungen (Ziffern- und Buchstabenfolgen) hinter den Messstreckenbenennungen sind die von ihr eingeführten Abkürzungen; Messwerte stehen in Klammern, wenn Beschädigungen an Knochen keine genaue Maßabnahme erlaubten.

Rind

Mandibula 1. Länge Gonion caudale-Hinterrand Alveole M3 (3), 2. Länge: Gonion caudale-Vorderrand Alveole P2 (5), 3. Länge : Gonion caudale-Foramen mentale (6), 4. Länge der Backzahnreihe (7), 5. Länge der Molarreihe (8), 6. Länge der Prämolarreihe (9), 7. Länge des M3 (10), 8. Breite des M3 (10), 9. Länge des Diastemas: Vorderrand Alveole P2-Hinterrand Alveole I4 (11), 10. Aborale Asthöhe: Gonion ventrale-höchster Punkt des Proc. condyloideus (12), 11. Mittlere Asthöhe: Gonion ventrale-tiefste Stelle der Incisura mandibulae (13), 12. Höhe des Kiefers hinter M3 (15a), 13. Höhe des Kiefers vor M1 (15b), 14. Höhe des Kiefers vor P2 (15c)

Scapula 1. größte Länge des Proc. articularis (GLP), 2. Länge der Gelenkfläche (LG), 3. Breite der Gelenkfläche (BG), 4. kleinste Länge am Collum (KLC)

Humerus 1. Kleinste Breite der Diaphyse (KD), Größte Breite der Trochlea (BT)

Metacarpus 1. größte Länge (GL), 2. größte Breite proximal (Bp), 3. kleinste Breite der Diaphyse (KD), 4. größte Breite distal (Bd)

Tibia 1. größte Länge (GL), 2. größte Breite proximal (Bp), 3. kleinste Breite der Diaphyse (KD), 4. größte Breite distal (Bd)

PLQU/ SCH	SKELETT-ELEMENT	L/R	MAß 1	MAß 2	MAß 3	MAß 4	MAß 5	MAß 6	MAß 7
105/94	Mandibula	r	(83,0)	213,2	(260,0)	131,0	83,5	48,5	(35,5)
105/59	Mandibula	l					87,0		35,0
			MAß 8	**MAß 9**	**MAß 10**	**MAß 11**	**MAß 12**	**MAß 13**	**MAß 14**
105/94	Mandibula	r	14,9	48,5	(145,0)	137,4	66,6	47	31,5
105/59	Mandibula	l	14,9			149,0			
			MAß 1	**MAß 2**	**MAß 3**	**MAß 4**			
104-108*	Scapula	l	63,0	55,3	40,1	44,5			
104-108*	Humerus	r	34,0	71,2					
104-108*	Metacarpus	l	181,4	50,0	26,2	50,4			
104-108*	Tibia	r	333,3	92,5	36,6	61,3			

Ur

Scapula 1. größte Länge des Proc. articularis (GLP), 2. Länge der Gelenkfläche (LG), 3. Breite der Gelenkfläche (BG), 4. kleinste Länge am Collum (KLC)

Radius 1. größte Länge (GL), 2. größte Breite proximal (Bp), 3. Breite der Facies articularis prox. (BFp), 4. kleinste Breite der Diaphyse (KD)

PLQU/ SCH	SKELETT-ELEMENT	L/R	MAß 1	MAß 2	MAß 3	MAß 4
104-108*	Scapula	l	87,0	67,7	56,2	61,3
104-108*	Radius	l	341,2	97,6	88,0	52,3

Pferd

Tibia 1. größte Länge (GL), 2. kleinste Breite der Diaphyse (KD), 3. größte Breite distal (Bd), 4. Tiefe distal (Td)

PLQU/ SCH	SKELETT-ELEMENT	L/R	MAß 1	MAß 2	MAß 3	MAß 4
105/99	Tibia		318,5	33,8	67,4	39,9

Tabelle 3 Fortsetzung

Schwein

Mandibula 1. Länge der Backzahnreihe, M3-P1 (7), 2. Länge der Backzahnreihe, M3-P2 (7a), 3. Länge des M3 (10), 4. Breite des M3 (10)

Tibia 1. größte Länge (GL), 2. größte Breite proximal (Bp), 3. kleinste Breite der Diaphyse (KD), 4. größte Breite distal (Bd)

PLQU/ SCH	SKELETT-ELEMENT	L/R	MAß 1	MAß 2	MAß 3	MAß 4
105/96	Mandibula	r	108,3	92,9	28,1	13,8
105/53	Mandibula	r	(109,0)	98,2	31,6	14,6
104-108*	Mandibula	r		94,0	27,3	13,7
105/51	Mandibula	r		98,5	32,0	14,7
104-108*	Tibia	l	191,1	47,8	17,8	29,0

Rothirsch

Mandibula 1. Länge: Gonion caudale-Vorderrand Alveole P2 (5), 2. Länge : Gonion caudale-Foramen mentale (6), 3. Länge der Backzahnreihe (7), 4. Länge der Molarreihe (8), 5. Länge der Prämolarreihe (9), 6. Länge des M3 (10), 7. Breite des M3 (10), 8. Länge des Diastemas: Vorderrand Alveole P2-Hinterrand Alveole I4 (11), 9. Aborale Asthöhe: Gonion ventrale-höchster Punkt des Proc. condyloideus (12), 10. Mittlere Asthöhe: Gonion ventrale-tiefste Stelle der Incisura mandibulae (13), 11. Orale Asthöhe: Gonion ventrale-Coronion (14), 12. Höhe des Kiefers hinter M3 (15a), 13. Höhe des Kiefers vor M1 (15b), 14. Höhe des Kiefers vor P2 (15c)

PLQU/ SCH	SKELETT-ELEMENT	L/R	MAß 1	MAß 2	MAß 3	MAß 4	MAß 5	MAß 6	MAß 7
104-108*	Mandibula	r			128,3	80,4	46,0	33,5	15,0
104-108*	Mandibula	l			130,4	80,7	47,0	(31,0)	12,5
105/62	Mandibula	l	208,0	272,0	131,6	(78,0)	51,5	31,7	11,3
105/95	Mandibula	l						34,3	11,8
			MAß 8	**MAß 9**	**MAß 10**	**MAß 11**	**MAß 12**	**MAß 13**	**MAß 14**
104-108*	Mandibula	r	(108,0)				49,0	41,0	34,4
104-108*	Mandibula	l							32,0
105/62	Mandibula	l		(115,0)	109,2	161,0	46,2	34,7	30,5
105/95	Mandibula	l					55,7	(41,5)	29,4

ANIMAL BONES, ANTLERS AND ANTLER ARTEFACTS FROM THE HARBOUR OF FLENSBURG[5]

Dirk Heinrich and Werner Barkemeyer

Animal remains from the harbour were recovered by dredging in different locations over the course of several years, especially in the early 20th century. The material includes 93 bones and 87 pieces of antler. The bone material is largely derived from cattle and pig. There are also bones of red deer, from which originate by far most of the antler remains. These are for the main part antler axes – T-axes and burraxes – and typical waste-pieces from axe production. T-axes as well as the corresponding waste are characteristic of the Ertebølle-culture (circa 5400-4100 BC). They – together with relevant ceramic sherds – point to a corresponding settlement site in the harbour area. Some bone remains of further species are probably also related to this epoch. Moreover, an antler of reindeer and perhaps also some of elk indicate even earlier human activities, approximately at the end of the late glacial, in the former dry valley of the present-day fjord. Conversely, remains of domesticated animals, namely sheep or goat as well as cattle and pig, are definitely younger than the Ertebølle-culture. A more detailed time specification between Neolithic and possibly early modern times is impossible. Shells of sand gaper are of medieval or even earlier origin, for the species is an invasive one, which probably was introduced in Europe by Vikings. Taking the ecological requirements of the documented game species into consideration, they reveal the character of the landscape and the waters of the harbour area. Thus reindeer indicate park tundra or sparse woodland. In younger epochs, for instance at the time of the Ertebølle-culture and later, the red deer, roe deer, aurochs and wild boar prefer wooded and partly swampy habitats. People of the Ertebølle-culture raised coastal settlements which finally drowned due to the Littorina transgression. The sea expanded into the lowlands of the western Baltic and hence also into the hollow of the fjord. Bones of seals and whales, as well as shells of diverse clams and snails, are evidence of this marine stage.

Prof. Dr. Dirk Heinrich
heinrich-fl@t-online.de
Boesselstraße 9
24937 Flensburg

Dr. Werner Barkemeyer
Barkemeyer.Stadt.Flensburg@t-online.de
Naturwissenschaftliches Museum Flensburg
Museumsberg 1
24937 Flensburg

SUBMITTED 20-09-2019 ACCEPTED 09-10-2019 ONLINE 16-03-2020
© 2020 The Author

SCHR NATURWISS VER SCHLESW-HOLST 75 48–82 Kiel III-2020
RESEARCH PAPER

Fließrichtungen eiszeitlicher Gletscher in Schleswig-Holstein

Hans-Jürgen Stephan
Kiel

Es werden die verschiedenen Methoden erläutert, Fließrichtungen der eiszeitlichen Gletscher zu bestimmen, die Schleswig-Holstein geprägt haben: Großräumige Gletscherbewegungen über die Zusammensetzung der Schuttfracht des Inlandeises, als auch – durch spezielle Untersuchungen der Grundmoränen oder der vom Eis verursachten Deformationen des Untergrundes – die lokale Fließrichtung des Eises. An Beispielen aus Tagesaufschlüssen wird die Brauchbarkeit der einzelnen Methoden dargestellt und kritisch hinterfragt. In Karten (Abb. 9–11) werden die ermittelten Fließrichtungen des örtlich jeweils jüngsten Gletschervorstoßes dargestellt, in den Abbildungen 10–11 zusätzlich die in wenigen tieferen Aufschlüssen ermittelten Fließrichtungen des örtlich jeweils vorletzten Gletschervorstoßes. Es wird erkennbar, dass die oberflächennahen Gletscherablagerungen weitgehend von Eisvorstößen stammen, die Schleswig-Holstein aus nordöstlicher bis östlicher Richtung erreichten oder überflossen. Einzelne auffallende Abweichungen findet man im Südosten, im südlichen Dithmarschen und nordwestlich von Flensburg. Die im Gebiet der Unterelbe an wenigen Stellen frei gelegten elsterzeitlichen Grundmoränen (Abb. 12) liefern Belege für einen Eisfluss von Nord nach Süd.

Glazialgeologie, Grundmoränen, Feinkiesanalysen, Gefügeuntersuchungen, Sylt

A: EINLEITUNG

Schleswig-Holstein ist während drei Eiszeiten von Gletschern erreicht und geformt worden. Die Eismassen der Elster-Eiszeit und der Saale-Eiszeit haben unser Land vollständig überflossen, die der Weichseleiszeit drangen nicht weit über die Grenze des ‚östlichen Hügellandes' hinaus vor. Während aller Eiszeiten gab es einen quasi gesetzmäßigen zyklischen Ablauf, der zuerst Eismassen aus Norden, dann aus Nordosten und schließlich aus Osten auf Schleswig-Holstein zufließen ließ. ‚N-Eis' hat unser Land nach heutigem Wissensstand nur während der Elster-Eiszeit überlaufen. Während der jüngeren Eiszeiten bestimmten ‚NE-Eis' und ‚E-Eis' die Vergletscherungen. Ursache für den zyklischen Ablauf waren Eiszentren (Eisdome), die sich über den Gebirgen des südlichen Norwegens und Westschwedens, danach über dem zentralen Schweden und schließlich vom nördlichen Schweden über den Bottnischen Meerbusen bis nach Finnland hin aufbauten, genährt von entsprechenden Schnee-Niederschlagszentren. Von

letzterem floss das Eis durch die Senke der östlichen Ostsee zuerst nach Süden, bevor es zur mittleren und westlichen Ostseesenke hin abbog, wodurch es – von Schleswig-Holstein aus gesehen – zum E-Eis wurde, auch ‚baltisches Eis' genannt.

Die Eiszentren bestimmten Intensität und Richtung des Eisabflusses. Bereits Zeise (1889) forderte nach Beobachtungen und grundsätzlichen Überlegungen, dass es auch zu **Beginn** jeder Eiszeit eine Phase mit einem E-Eis gegeben haben müsste. Nachgewiesen wurde das bisher tatsächlich für die frühe Weichseleiszeit, wo nach Untersuchungen dänischer Geologen E-Eis bis in das südöstliche Dänemark und bis nach Langeland vordrang, fast zeitgleich mit einem Nord-Eis, das bis in das nördliche Seeland und in den Öresund gelangte (Sjörring 1983, Houmark-Nielsen 1987). Erste Verdachtsmomente, dass dies frühe weichselzeitliche Ost-Eis auch bis in den Raum Flensburg vordrang, publizierten Marks et al. (1995), die sich auf TL-Datierungen von Schmelzwassersanden bei Ellund stützten (vgl. Stephan 2006, 2011). Noch gibt es hierfür aber keine endgültige Absicherung durch moderne Datierungen.

Für frühe Eisvorstöße aus Osten bis in das Gebiet der westlichen Ostsee und bis nach Schleswig-Holstein während der Elster- und der Saaleeiszeit gibt es keine Belege. Sollte es sie gegeben haben, dürften ihre Ablagerungen von jüngeren Gletschern oder deren Schmelzwässern weitgehend zerstört worden sein.

Die aus verschiedenen Richtungen auf Schleswig-Holstein zufließenden Eismassen schufen nicht nur das oft komplizierte Relief der Landesoberfläche, sondern lagerten auch unterschiedlich zusammengesetzte Schuttmassen ab, die die physikalischen und chemischen Eigenschaften des schleswig-holsteinischen eiszeitlichen Untergrundes bestimmen und damit für ingenieurgeologische, hydrogeologische und pedologische Fragestellungen und für die Gewinnung oberflächennaher Rohstoffe entscheidende Parameter liefern.

Die in den nachfolgenden Texten zitierten Arbeiten können bei der großen Fülle der wissenschaftlichen Arbeiten nur einen kleinen Ausschnitt benennen. Bei fast allen Zitaten müsste eigentlich der Zusatz ‚beispielsweise' stehen. Es wurde jedoch Wert darauf gelegt, die regionalen Arbeiten und die Quartärgeologen, die in Schleswig-Holstein oder Norddeutschland arbeiteten, wenigstens ansatzweise zu nennen und dabei besonders einige ‚Väter' der hiesigen Quartärforschung zu erwähnen. Sie hatten oft schon sehr früh erstaunlich modern anmutende Erkenntnisse geliefert oder zumindest theoretisch angedacht, was nicht in Vergessenheit geraten sollte.

B: NACHWEIS DER GLETSCHERFLIEßRICHTUNGEN

B-1: Untersuchung der Gletscherfracht

Hinweise für die Herkunft der Eismassen, die unser Land überflossen und damit für ihre Fließrichtung liefert schon der vom Eis mitgebrachte Schutt, den es in seinem Akkumulationsgebiet und auf seinem Fließweg aufgenommen und bis in unsere Gegend verfrachtet hat, wo er in den Grundmoränen abgesetzt oder in den von Schmelzwässern aufgeschütteten sandig-kiesigen Sedimenten abgelagert wurde. Die verschiedenen Herkunftsgebiete und Fließwege werden u. a. an mitgeführten ‚Leitgeschieben' erkennbar. Das Eis aus dem Norden brachte charakteristische Gesteine aus dem Gebiet des Oslofjordes mit (z. B. *Rhombenporphyre*), das Eis aus dem Nordosten vorherrschend Gesteine aus dem zentralen Schweden, das Eis aus dem Osten hatte die östliche Ostseesenke zwischen den Ålandinseln und Bornholm durchflossen und führte daher neben

typischen Karbonatgesteinen aus dem großen Verbreitungsgebiet paläozoischer Ablagerungen vom Ostsee-Untergrund, westlich der baltischen Staaten, u. a. auch etwas Åland-Kristallin und einzelne rote und braune Ostsee-Quarzporphyre mit (‚baltische Geschiebe'; Smed 2002). Seit Anbeginn der glazialgeologischen Forschungen in Schleswig-Holstein (nach dem bahnbrechenden Vortrag von O. Torell auf der Sitzung der Deutschen Geologischen Gesellschaft am 3. 11. 1875 in Berlin) wurde das von den Gletschern mitgebrachte Material mit der Zielrichtung untersucht, die Herkunftsgebiete der Gletscher zu ermitteln. Dafür wurden insbesondere die verschiedenen Tills (Geschiebelehme und -mergel) untersucht, die u. a. die weit verbreiteten Grundmoränen als wichtige glaziäre Hinterlassenschaft aufbauen (Gottsche 1883, 1898; Dames 1886). So schrieb Dames (1886: 15) über die Grundmoräne: „immer wird sie durch ihre eigene petrographische Beschaffenheit und durch die der mitgeführten Blöcke den Weg erkennen lassen, den sie und damit das auf ihr befindliche Eis gewandert sind." Er erkannte den Wert von Leitgeschieben. In Dänemark entwickelte sich aus dem Studium der vom Gletschereis mitgeführten Gesteine die systematische Geschiebeanalyse mit besonderer Beachtung der Leitgeschiebe als Indikatoren für den Weg der Eisvorstöße (Milthers, z. B. 1909, 1934), in Schleswig-Holstein folgten u. a. Hesemann (1937), Simon (1937), Schlüter (1978, 1980), Lüttig (1991, 1999, 2004).

In den zurück liegenden Jahrzehnten hat sich in Norddeutschland und Schleswig-Holstein weitgehend die Leitgeschiebeanalyse nach Lüttig (1957) durchgesetzt, der aus bekannten Herkunftsgebieten von typischen Geschieben ein statistisches Mittel errechnete, das ‚theoretische Geschiebezentrum (TGZ)', und die verschiedenen glaziären Ablagerungen mit Hilfe ihrer TGZ-Areale charakterisierte. Er meinte, mit dieser Methode auch ihre stratigraphische Zuordnung erfassen zu können. Seit einiger Zeit jedoch kamen zunehmend Zweifel an der Verlässlichkeit dieser Methode auf, weil sich offensichtliche Fehldeutungen häuften. Z. B. ergaben im Südosten Schleswig-Holsteins aus einem ca. zehn Kilometer breiten äußeren Streifen weichselzeitlicher Grundmoräne gewonnene Proben nach der TGZ-Methode ein ‚warthezeitliches' Alter, also eine Zugehörigkeit zu Ablagerungen des jüngeren Stadiums der Saale-Eiszeit. Ganz offensichtlich hatte das weichselzeitliche Eis in erheblichem Umfang regionales Material aus der überflossenen älteren Glaziallandschaft aufgenommen, das von einem E-Eis, einem ‚baltischen' Gletscher abgelagert worden war. Ein weiteres Beispiel: Von einem zwischen Stauchschuppen aus eozänen Gesteinen eingequetschtem Geschiebemergel, angeschnitten in der Steilküste bei Heiligenhafen (Stephan, u. a. 1985), ermittelte Lüttig ein ‚Elster-W-TGZ', also eine elsterzeitliche Fazies mit nicht-baltischem Charakter. Analysen von Kleingeschieben aus diesem Till ergaben jedoch eine eindeutig baltische Fazies mit relativ viel Dolomit aus dem östlichen Ostseegebiet, also einen ‚Elster-E-Till' im Sinne von Lüttig. Die einzige logische Erklärung bleibt, dass ein baltisches elsterzeitliches Eis auf dem Weg nach Westen erhebliche Mengen älterer elsterzeitlicher Gletscherablagerungen aufgenommen hatte, deren Leitgeschiebe die wenigen von Lüttig aus dem östlichen Areal der Ostseesenke berücksichtigten Leitgeschiebe deutlich überwogen. Schon mit diesen zwei Beispielen wird die Schwäche der TGZ-Methode erkennbar:

1. Berücksichtigt Lüttig relativ wenige Sedimentärgeschiebe für seine TGZ-Bestimmung, vor allem keine bestimmbaren Karbonatgesteine aus dem großen Areal mit paläozoischen Ablagerungen in der östlichen Ostseesenke, vom Küstenvorfeld Estlands bis östlich von Bornholm. Hierauf

hat Smed (z. B. 1993, 2000) mehrere Male hingewiesen.

2. Gehen alle Leitgeschiebe aus älteren glaziären Sedimenten, die ein Gletscher auf seinem Weg bis an seine äußerste erreichte Grenze aufgenommen und in seine Grundmoräne eingearbeitet hat, in die Statistik mit ein und ‚kontaminieren' damit die ursprüngliche Gesteinszusammensetzung aus dem Ursprungsgebiet.

Studien des Verfassers in Aufschlüssen haben immer wieder gezeigt, dass die Aufarbeitung älteren Materials im Bereich der westlichen Ostsee, Kieler Bucht und Lübecker Bucht, sehr verbreitet und oft intensiv war und sich offensichtlich auch noch im Gebiet des heutigen schleswig-holsteinischen Festlandes fortsetzte. Damit haben alle Methoden, die die Petrographie von Tills für die Ableitung des Herkunftsgebietes eines Gletschervorstoßes nutzen, einen nur eingeschränkten Wert. Ihre Aussagen müssen wo immer möglich mit anderen Methoden überprüft und ergänzt werden. Sonst sind sie als stark hypothetisch einzustufen. Das gilt prinzipiell auch für die Analyse von Kleingeschieben, die in Schleswig-Holstein vorherrschend als ‚Feinkiesanalyse' der Fraktion 4–6,3 mm eingesetzt wurde (Kabel 1982, Stephan u. a. 1982, 1998). Abbildung 1 und ihre Interpretation zeigen aber beispielhaft, dass die Feinkiesanalyse als Gesteinsgruppen-Analyse erhebliche Aussagekraft für die Herkunft eines Gletschers und damit für die Fließrichtung des Eises haben kann. Besonders Tills mit größeren Anteilen von Gesteinen aus dem östlichen Ostsee-Untergrund (baltische Tills) eignen sich für eine Aussage zur Gletscherfließrichtung. Dazu gehören insbesondere die ‚roten Tills'. Bei ihnen gibt es im Wesentlichen zwei unterschiedliche Typen (s. Abb. 1):

1. Rötliche bis rotbraune Tills mit sehr hohen Anteilen paläozoischer Karbonatgesteine, dabei auffallend viel Dolomit. Ihre rote Färbung ist wahrscheinlich die Folge der Einarbeitung von schluffig-tonigem OLD RED (baltisches Devon). Zusätzlich zeigen häufig Dolomite eine rötliche Grundfarbe bis Rotfleckung. Tills vom Typ 1 werden häufig als ostbaltische Tills bezeichnet.
2. Rötliche Tills, bei denen ein hoher Anteil rötlicher bis violetter Sandsteine und Quarzite und ihre im Till entstandene Sandkomponente färbend wirken. Diese Gesteine stehen im Ostsee-Untergrund in einem Streifen an, der sich zwischen der ostschwedischen Küste und den Inseln Öland und Gotland nach Norden hinzieht und dann nördlich von Gotland in Richtung Finnischer Meerbusen umbiegt (Smed 2002, Karte) und wohl auch noch südöstlich von Öland (Pratje 1933) und im Nordosten Bornholms (Nexö). Sie entstammen der unterkambrischen bis spät-proterozoischen Unterlage des großen flachen Beckens mit paläozoischen Karbonatgesteinen im Untergrund der südöstlichen Ostsee, die in den besagten Flächen ausstreicht. Zusätzlich können rote quarzitische Sandsteine aus dem Ostsee-Untergrund nördlich der Åland-Inseln hinzukommen (‚jotnische' Sandsteine). Zulieferungen aus einigen Gebieten vom schwedischen Festland (Kabel 1982: 208 f) spielen vermutlich eine geringere Rolle. Die meisten dieser Tills enthalten reichlich kristalline Gesteine aus dem ostschwedischen Küstengebiet (Småland) und dem dazugehörigen Küstenvorfeld, darunter einzelne Geschiebe von Ostsee-Quarzporphyren (Analyse: G. Lüttig). Stephan (2001) bezeichnet sie als ‚svecobaltische Tills'.

Tills vom Typ 1 fanden sich in Bohrungen von Hamburg (Iwanoff 1980, Ehlers 1992) bis in das westliche Holstein (Abb. 1 und Stephan 1987, 1998) und in Aufschlüssen von Süddithmarschen (Stephan 1980) über – vermutlich – Süderstapel (Gagel 1910) bis

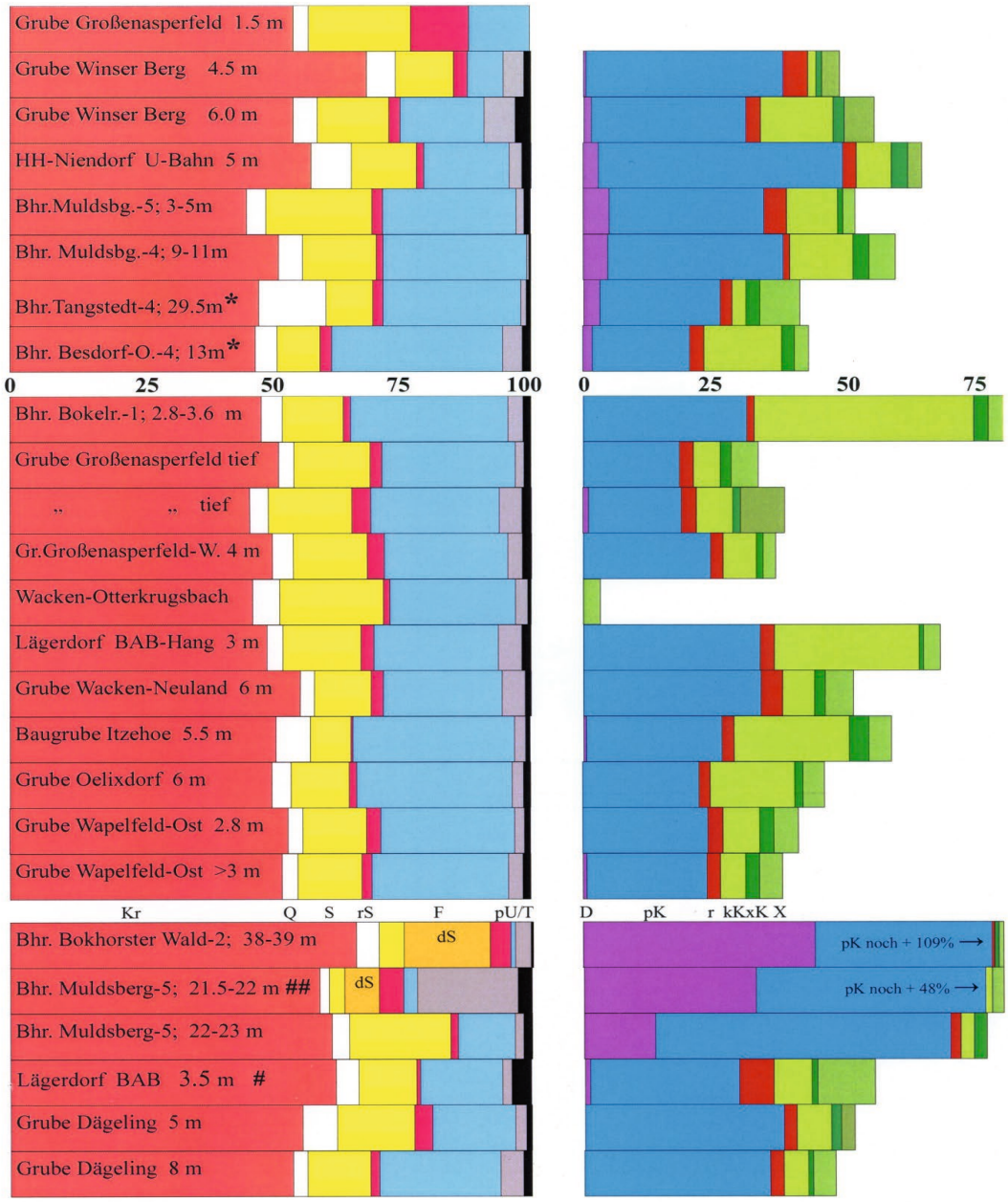


Abbildung 1 Feinkies-Gruppenanalyse von saalezeitlichen Tills im südwestlichen Holstein, Zählungen: Stephan, z. T. Hock (Bhr.). Übliche Fraktion 4–6,3 mm. # = 3,15–5 mm, ## = 3,15–6,3 mm.

Bemerkungen: Im linken Block des Diagramms sind die ‚Nicht-Karbonatgesteine' als 100%-Einheiten dargestellt, im rechten, prozentual auf den linken bezogen, die Karbonatgesteine und sonstigen Gesteine (X). Kr = Kristallin, Q = Quarz, S = Sandsteine und Quarzite, dS = dolomitische Sandsteine, rS = rote Sandsteine und Quarzite, F = Flint, pU/T = paläozoische Schluff(Silt)- und Tonsteine. D = Dolomit, pK = nicht rote paläozoische Kalke, r = rote, kK = kretazische Kalke, stark vorherrschend Schreibkreide, xK = unbestimmte Kalke, meistens helle detritische, Mg-calcitische Kalke mit wenig Glaukonit (oft Nadeln) und z. T. wenig Sand, X = sonstige Gesteine, überwiegend aus dem Tertiär. Zweimal wurde Geschiebelehm beprobt (Fehlen von Karbonatgesteinen. * ‚warthetypisches' TGZ (Leitgeschiebezählung: G. Lüttig).

nach Schobüll nördlich von Husum (Meyer 1981); (für Vergleiche mit Niedersachsen s. Meyer 2016), außerdem in Aufschlüssen im Kreis Herzogtum Lauenburg, im Südosten Schleswig-Holsteins (eigene Beobachtungen und Ehlers 1983). In den ersten genannten Fällen gehören sie zu späten Ablagerungen des ‚älteren saalezeitlichen Gletschervorstoßes qsAG' (Stephan 1986, Burg-Vorstoß), im zuletzt genannten Fall zu späten Ablagerungen des ‚jüngeren saalezeitlichen Gletschervorstoßes qsJG' (Hennstedt-Vorstoß).

Tills vom Typ 2 fanden sich in weichselzeitlichen Grundmoränen bei Heiligenhafen (Kabel 1982, Stephan 1985 b: Abb. 1), in und bei Kiel (Stephan 1998: Taf. 1 b; vgl. Kabel 1982: 207 f) und an Steilufern der Halbinsel Schwansen. Alle diese Tills sind ‚svecobaltische' Tills und gehören zum späten weichselzeitlichen ‚jungbaltischen Vorstoß' (Stephan 1994, 2001). Außerdem fand der Verfasser entsprechende Tills in Lagen, Linsen oder Schlieren in jung-saalezeitlichen Grundmoränen bei Heiligenhafen, im Westen bei Großenasperfeld (Abb. 1), Hohenwestedt-Sohrheide, Rimmelsberg (Groß Jörl) und Böxlund, eine Mischform zwischen Typ 1 und 2 auch wieder im Kliff von Heiligenhafen. In Abbildung 1 wird erkennbar, dass sich im südwestlichen Holstein auch schon in den Tills vom Typ 1 ein größerer Anteil roter Sandsteine andeutet.

An wenigen Orten in Schleswig-Holstein wurden rote Tills als *Lokalmoränen* gefunden, z. B. über Salzstockaufragungen, wo Rotliegendes (unteres Perm) in einen diskordanten Till eingearbeitet worden war, wie bei Stipsdorf oder Elmshorn (Forchhammer 1847: 15, Haas 1889: 23 f, Kabel 1982, A. Grube 1989). In der Umgebung von Heiligenhafen kommen örtlich rötliche Lokalmoränen vor, in denen aufgearbeiteter rotbrauner eozäner Tarraston die Färbung versursachte (Stephan 1971). Wegen des Vorkommens solcher Lokalmoränen dürfen rote Tills *per se* nicht als Hinweis auf einen Ost-West-Eisstrom gelten.

B-2: Landschaftsformen als Hinweis auf die Gletscherfließrichtung

Fließendes Eis formt den Untergrund oft in charakteristischer Weise durch positive und negative Reliefelemente. Viele dieser Elemente sind parallel zum Eisfluss, andere transversal dazu ausgerichtet (vgl. Stephan 2003). Schmelzwässer von der Oberfläche eines Gletschers bewegen sich innerhalb des Eises entlang des internen Spaltengefüges nach unten und sammeln sich schließlich am Grunde, wo sie – oft in Tunneln – bevorzugt in Richtung der Eisbewegung abfließen. Dabei werden oft lang gestreckte Erosionsrinnen in den Untergrund eingeschnitten. Solche

Diskussion zu Abb. 1: Die Analysebalken sind in 3 Blöcken zusammengefasst, von älteren Tills (unten) zu jüngeren (oben). Unterschiede sind vor allem in der rechten Spalte bei den Karbonatgesteinen erkennbar: Die jüngsten Tills (‚qsJG') haben relativ höhere Anteile an paläozoischen Kalken und durchgehend etwas Dolomit. Die oberen 4 Proben führen zudem weniger Flint als üblich. Die Proben im mittleren Block (‚qsMG') haben mehrheitlich etwas weniger paläozoischen Kalk, selten und dann nur wenig Dolomit. Sie sind relativ reich an Flint und teilweise kreidereich. Die älteren Tills (‚qsAG') im unteren Block sind reich an paläozoischen Kalken (Ausnahme BAB Lägerdorf mit einer Lokalmoräne mit viel Tertiär). Sehr auffallend sind darin die 3 oberen Proben. Es sind ostbaltische Tills mit viel Dolomit und sehr viel oder (oberste 2 Proben) extrem viel paläozoischen Kalken (pK: Kr = 2,15 bzw. 1,81 ! Sie sind im Rahmen des Diagramms nicht mehr voll darstellbar.) Die 2 obersten Proben stammen aus **roten** Tills, eigentlich rotbraunen bis (oberste Probe) rotstichig-braunen Tills. Bemerkenswert sind bei beiden die hohen Anteile mit Dolomit zementierter Sandsteine (ds), bei denen es Übergänge zu sandigen Dolomiten gibt. Daneben kommen dolomitische – meist helle – feinkörnige bis sehr feinkörnige Sandsteine mit hellem Glimmer vor, die Übergänge zu groben Siltsteinen aufweisen. Sie stammen höchst wahrscheinlich aus dem östlichen Ostsee-Untergrund, westlich der estländischen Küste (pers. Mitt. von A. Raukas 1999). Solche Sandsteine sind stetige Akzessorien in Dolomit führenden Tills, werden aber nur in den ausgeprägt ostbaltischen Tills häufig. In der Probe Muldsberg 5, 21.5–22 m dürften im recht großen Feld paläozoischer Schluffsteine (grau) noch dolomitische Siltsteine enthalten sein.
Sehr auffallend ist ebenfalls die oberste (Geschiebelehm-) Probe von Großenasperfeld (Ketelvierthberg) im oberen Block. Sie stammt ebenfalls aus einem roten Till, der im Gegensatz zu den beiden roten Tills im unteren Block durch hohe Anteile roter Sandsteine und Quarzite charakterisiert wird.
Insgesamt wird erkennbar, dass Flint und Kreide z. T. stark variieren und sich daher für die Charakterisierung von Tills (auch für die stratigraphische Eingruppierung) nicht eignen. Die Ursache ist deren starke regionale Aufnahme in Grundmoränen durch Erosion kretazischer Schichten über Salzstockhochlagen in Schleswig-Holstein (Stephan 2011, vgl. Kap. C-3).

Rinnen (‚Tunneltäler') markieren in der ehemals vergletscherten Landschaft die Fließlinie des Eises. Gute Beispiele sind u. a. die Langseerinne in Angeln, mittlere Abschnitte der Schlei, das Eidertal zwischen Meimersdorf und Schmalstede und die Seenkette mit Hellbachtal südlich von Mölln. Oft werden derartige ursprünglich schmale Täler durch nachdrückendes Eis weiter ausgeschürft und geweitet. Solche ‚Schürfbecken' sind z. B. viele Abschnitte der Förden an der Ostseeküste (vgl. Haas 1896), sehr typisch die ursprünglich tiefer als – 80 Meter NN eingeschnittene Kieler Förde. Sie wurde stark vom NE-Eis geformt, ähnlich wie der westliche Abschnitt der Flensburger Förde, deren östlicher Teil später vom E-Eis modelliert wurde. Dazu gehören auch viele langgestreckte Senken mit Seen oder Seenketten, wie z. B. Brahmsee, Bordesholmer-Einfelder See, Stolper See, Neverstorfer See, Großensee, Ratzeburger See und viele mehr. Auch der Wittensee liegt in einem solchen Schürfbecken. Die enge Verbindung dieses Beckens mit dem großartigen sichelförmigen Endmoränenbogen der Duvenstedter Berge ist in der schleswig-holsteinischen Landschaft ein Sonderfall. Nach Auffassung des Verfassers ist das Wittenseebecken die Folge eines ‚glazialen Grundbruches': Eine mächtige Folge von wassererfüllten ungefrorenen Lockersedimenten weichselzeitlichen und saalezeitlichen Alters im Untergrund, darunter auch 10er Meter mächtige leicht verformbare Schluffe, hat unter der Auflast des Eises nachgegeben. In einem breiten Streifen ist das weiter vorschiebende Eis tief in den Untergrund eingesunken und hat das verdrängte Material in den Duvenstedter Bergen zusammengeschoben. Bei einem klassischen Grundbruch werden die durch die Auflast im Untergrund verdrängten Sedimente nach allen Seiten hin verpresst. Das Fehlen mächtiger Aufpressungen an den Seiten des Wittenseebeckens beweist klar, dass der Gletscherstreifen, der sich im Bereich des jetzigen Beckens vorschob, keine isolierte ‚Eiszunge' war, wie noch kürzlich von Strehl (2016) so gedeutet, sondern sich im Verband mit benachbarten Fließstreifen innerhalb eines großen Gletscherareals vorwärts bewegte. Der nördlich benachbarte Gletscherstreifen hat das deutlich flachere Becken des Bistensees ausgeschürft. An den Flanken solcher parallel fließender Eisstreifen, die sich durchaus mit etwas unterschiedlicher Geschwindigkeit bewegen und sich unterschiedlich tief einschneiden können, kann im Verlauf der die Streifen begrenzenden Längsspalten etwas Material hoch gepresst werden, aber nicht in dem Ausmaß, wie man es an den Seiten einer sich auf mächtigen Lockersedimenten frei vorwärts schiebenden ‚Gletscherzunge' erwarten müsste. Seit mindestens einem Jahrhundert wurden ähnliche lang gestreckte Schürfbecken von Quartärgeologen als ‚Gletscherzungenbecken' bezeichnet. Zuletzt hat jedoch noch einmal Stephan (2003: 107) die Gründe zusammengefasst, weshalb derartige ‚Zungenbecken' in der norddeutschen Glaziallandschaft nicht hatten entstehen können und die Begriffe ‚Gletscherzunge' und ‚Gletscherzungenbecken' hier nicht verwendet werden sollten.

Neben den aufgezählten Schürfbecken aus der weichselzeitlich vergletscherten Landschaft Schleswig-Holsteins (‚Jungmoränengebiet') gibt es wenige, die innerhalb des saalezeitlichen vergletscherten ‚Altmoränengebietes' gut erhalten blieben. Dazu gehören die Becken von Schalkholz und der Buckener Au bei Hohenwestedt, Formen des jungsaalezeitlichen Hennstedt-Vorstoßes. Ältere, weiter westlich liegende Becken sind während der nachfolgenden Eiszeiten so stark von Schmelzwässern umgeformt, mit Sedimenten aufgefüllt und ihre Ränder durch periglaziäre Vorgänge nivelliert worden, dass sie in der heutigen Landschaft kaum mehr auffallen.

In Gletschertunneln wurde bei nachlassendem Schmelzwasserandrang verbreitet

ausgeschmolzener Gletscherschutt sedimentiert. Es entstanden ***Oser*** (‚Wallberge'), die oft als langgestreckte Rücken in Tunneltälern und Gletscherschürfbecken liegen. Sie zeichnen wie die Tiefenzonen, aber als positive Reliefelemente, mehrheitlich die Fließrichtung des Eises nach. Schöne Beispiele sind die Oser von Ahrenholz, Süderbrarup, Ohe, (ehemals) Groß Kummerfeld, Putlos, Eckhorst im Tal der Tensfelder Au bei Damsdorf, Waldhusen-Pöppendorf, Ahrensburg-Meiendorf und viele weitere mehr. Gelegentlich jedoch, besonders im Bereich der Os-Anfänge, gibt es über kürzere Strecken abrupte, sogar rechtwinkelige Richtungsänderungen. Beispiele finden sich bei den östlichsten Abschnitten der Oser auf der Insel Fehmarn (Stephan 2016) und bei Pöppendorf. Dort wurden offensichtlich Querspalten im Gletscher von den Schmelzwässern durchflossen und dann mit Schutt verfüllt.

Eindrucksvolle vom fließenden Eis geformte Gebilde sind die ***Drumlins*** und ***drumlinoide Rücken***, lang gestreckte Rücken, die parallel zur Fließlinie ausgerichtet sind. Zwischen ihnen liegen oft entsprechend parallele lang gestreckte flache Erosionswannen. Eine Zusammenfassung zu schleswig-holsteinischen Drumlins gab Stephan (1986; vgl. Portalla et al. 2015; Stephan 2016). Die große Mehrzahl von ihnen entstand danach durch Gletschererosion, herausgeschliffen aus einem ursprünglich etwas erhöhten Gelände. Eine andere Variante sind Drumlins, die entstanden, als das Eis wegen abnehmender Mächtigkeit größere Schuttmengen nicht mehr weiter transportieren konnte, also besonders in der Randzone eines Gletschervorstoßes. Diese wurden unter dem Eis abgesetzt und dann vom weiter darüber hinweggleitenden oberen Gletscherstockwerk zu Drumlins geformt. Solche Bildungen gibt es möglicherweise im äußeren Randbereich des weichselzeitlichen Gletschers bei Hamburg (F. Grube 1969).

Niedrigere, mit den Drumlins verwandte Formen sind ***Rippen***, die im Wechsel mit dazwischen liegenden ***Rillen*** Erosionsflächen auf flachen Anhöhen strukturieren können und direkt die Fließlinie des Eises zeigen. Solche Formen beschrieb A. Grube (2014) aus dem weichselzeitlichen Vereisungsgebiet südlich von Lübeck.

B-3: Vom Gletscher deformierte Sedimente, Stauchungen

Glaziäre Deformationen eiszeitlicher oder älterer Sedimente in Eisrandlagen sind häufige Erscheinungen innerhalb der glazialen Ablagerungen, besonders ausgeprägt in den im Oberflächenbild oft stark herausragenden Stauchendmoränen. Glaziäre Stauchungen können aber auch unter dem fließenden Eis entstehen (Gripp 1955, Köster 1958, Dreimanis 1976, Grimmel 1976), sind in der ehemals vergletscherten Landschaft weit verbreitet, im Oberflächenrelief aber überwiegend kaum auffallend. In vielen Aufschlüssen wurden sie von Quartärgeologen studiert, und aus ihren Strukturen (Falten, Schleppungen, Aufschiebungen) wurde auf die Vorstoßrichtung des Inlandeises geschlossen. Dabei gingen die Bearbeiter üblicherweise davon aus, dass derartige Formen quer zur Vorstoßrichtung des Gletschers liegen. Jedoch erwiesen zahlreiche Untersuchungen des Verfassers, dass in vielen Fällen Achsen von Deformationen auch parallel zur ehemaligen Vorstoßrichtung des Eises oder sogar diagonal ausgerichtet waren, abhängig von örtlichen Unterschieden im Untergrundrelief und Materialunterschieden der deformierten Sedimente (Stephan 1985 a). Bei einfacher Übertragung der örtlichen Verformungsrichtung auf die Fließrichtung des Eises kann es dabei leicht zu Fehldeutungen kommen (z. B. Prange 1983). Bereits Picard (1958: 212) machte darauf aufmerksam,

Abbildung 2
Flach aufgestauchte, fein geschichtete Beckenablagerungen in der Sandgrube Nuttelner Berg, danach zerschert und von rechts (SE) nach links (NW) vielfach überschoben. Saalezeitlicher Vaale-Vorstoß mit Fließrichtung WNW bis NW (vgl. Abb. 4 und 9); r 35 25625/h 59 83500. Aufnahme: Stephan 1983.

dass Gletscherfließ- und Stauchrichtungen unterschiedlich sein können. Offenbar sind aber Großstrukturen in Endmoränen überwiegend quer zum Gletschervorstoß ausgerichtet und können somit gut als Hinweis auf die Richtung des Eisflusses genutzt werden. Dazu gehören beispielsweise die Stauchungen vom Morsumkliff, Hüttener Berge, Duvenstedter Berge (s. o.), Blumenthal, Pilsberg, Wienberg bei Putlos, Hohes Ufer bei Heiligenhafen, Heiligenhafen-Lütjenbrode, Muldsberg-Wacken, Grünental. Viele dieser Großstrukturen entstanden, weil der Gletscher mächtige Sedimentpakete über gut deformierbaren schluffig-tonigen Ablagerungen im Untergrund abscherte (Stephan 2003). Aber auch mittelgroße Strukturen können bei sorgfältiger Beachtung der örtlichen Deformationsbedingungen zur Ableitung der Vorstoßrichtung des Eises beitragen

Abbildung 3 Rippen an der Unterseite der Grundmoräne des ‚saalezeitlichen älteren Gletschervorstoßes qsAG' in einer Kiessandgrube am Südrand des Paradiestales bei Burg/Dithmarschen; r 35 165/h 59 839. Aufnahme: Stephan 1977; vgl. Ehlers & Stephan (1979 Fig. 6–8).

(Abb. 8 bis 10). Kleinstrukturen direkt unter einer Grundmoränensohle geben dann, wenn die Fließlinie des Gletschers mit Hilfe anderer Methoden ermittelt wurde, oft den entscheidenden Beleg für die **Richtung** des Eisflusses. Dazu gehören z. B. Ausschleppungen an der Tillsohle (Abb. 14; s. auch Stephan 1985: Abb. 1), Staffeln von kleinen Aufschiebungen mit Versatz der jeweils hangenden Scherkörper in Richtung der Eisbewegung (Abb. 2), S-Falten und Spitzfalten, deren Vergenzen die Schubrichtung des Eises abbilden. Derartige Kleinstrukturen ermöglichten bei Gudow (Segrahner Berg) die überraschende Feststellung, dass der weichselzeitliche Gletscher dort von ungefähr West nach Ost vorstieß (s. Kap. C-2 und Abb. 10), in Schleswig-Holstein eine sehr ungewöhnliche Fließrichtung.

Es fällt auf, dass es keine größeren Stauchstrukturen an den äußersten Vergletscherungsgrenzen gibt. Das liegt am anfänglich mächtigen Permafrostboden vor den vergletscherten Gebieten, der eine Mobilisierung der überfahrenen Schichten verhinderte. Bei länger dauernder Eisüberdeckung aber schwand der Permafrost im Untergrund, oder die gefrorene Schicht wurde so dünn, dass der Gletscher sie aufbrechen konnte. Ausgeprägte Stauchstrukturen konnten so erst weiter innerhalb des vergletscherten Gebietes entstehen, in Ablagerungen, die oft unter starkem Wasserüberdruck standen (u. a. Piotrowski 1993).

B-4: Formen an der Basis von Grundmoränen

Verschiedene Formen an der Basis bzw. Unterseite von Grundmoränen belegen die Fließlinie eines Gletschers, z. T. auch die Richtung

Abbildung 4 Großrippe an der Basis einer kreidereichen Grundmoräne des ‚mittleren saalezeitlichen' Vaale-Vorstoßes bei Rahde/Westholstein; r 35 27500/h 59 81930, entstanden vermutlich durch das basale ‚Pflügen' eines mitgeschleppten größeren Findlings. Streichen ESE-WNW. Aufnahme: Stephan 1980.

des Eisflusses. Es sind Rippen, Wellen, Kanten und Keile, die parallel zum Eisfluss streichen (u. a. Westgate 1968, Ehlers & Stephan 1979). Dabei sind die Rippen von besonderem Interesse, weil sie gelegentlich die Bewegungsrichtung des Eises erkennen lassen. Sie entstehen durch das Mitschleppen von Geschieben, Steinen oder Blöcken an der Unterseite eines Gletschers, über einem Lockergestein, in das die Geschiebe Furchen ‚pflügen'. Diese werden von Till gefüllt, der an der Basis ausschmilzt. Ein Geschiebe am Ende einer Rippe markiert die Fließ**richtung** des Eises.

B-5 Marken auf dem vom Eis überflossenen Untergrund

In weiten Arealen Skandinaviens, ebenso in den Alpen und gelegentlich in den deutschen Mittelgebirgen findet man geschrammte Felsuntergründe. Die *Schrammen* dokumentieren die Fließlinie des ehemals darüber geflossenen Eises. Andere Marken können als Richtungshinweis gewertet werden. Das sind *Parabelrisse* und *Sichelbrüche* (Schwarzbach 1978). Schrammen (Kritzen) finden sich auch auf vielen Geschieben in Tills und unter Tills der norddeutschen Vereisungsgebiete. Besonders markant sind Geschiebe, die vom Gletscher in den Lockergesteinsuntergrund hineingedrückt und dann überflossen wurden. Ihre Oberflächen sind großenteils heruntergeschliffen, poliert und geschrammt. Gelegentlich finden sich pflasterartige Verdichtungen solcher Geschiebe, die ‚Geschiebepflaster', deren Einzelgeschiebe ein einheitliches Schrammenbild zeigen (Seifert 1952, 1953; Gripp 1973, 1974: Abb. 1; Portalla et al. 2015; Stephan 2016).

Schrammen finden sich nicht selten auch auf vom Eis überflossenen feinkörnigen

Lockersedimenten, Tonen, Schluffen, bindigen Tills, ebenso auf Scherflächen im Substrat. Sie gehen oft in unscharfe Schleifspuren über. Mit Hilfe solcher Schleifspuren auf Bewegungsflächen gelang es in der Bohrung Tüschenbek (Henningsen & Stephan 2000) nachzuweisen, dass der Gletscher die oligozäne Basis in ca. 236 m Tiefe zerschert hatte, die dortige tiefe subglaziale Rinne also noch aktiv vom Eis erodiert wurde.

B-6 Gefüge innerhalb von Grundmoränen

Gefüge in Grundmoränen, die sich für die Ermittlung der Gletscherfließrichtung untersuchen lassen sind 1. Korngefüge und 2. Flächengefüge.

Zu 1.: Erstmals hat wohl Seifert (1952) das Gefüge von Körnern der Sandfraktion in Tills untersucht, um mit seiner Hilfe die Fließrichtung des Eises zu ermitteln. Er stellte fest, dass es in Grundmoränen normalerweise der Basis parallele Bewegungskörper gibt, in denen sich die Körner mit ihren langen Achsen abwechselnd parallel und quer zur Fließrichtung des Eises eingeregelt hatten, es sozusagen ‚Schichten' mit abwechselnd gleitender und wälzender Bewegung gibt. Letztere erzeugte ein Rotationsgefüge, ein tektonisches B-Gefüge, im Unterschied zum a-Gefüge als Resultat des weitgehend freien, unbehinderten Gleitens. Zwischen beiden Horizonten gibt es Übergänge mit einem Mischgefüge. Schon lange vorher war bekannt, dass auch Geschiebe in Grundmoränen ganz ähnlich eingeregelt sind (Miller 1884), vorwiegend mit ihren Langachsen parallel zur Eisbewegung, manchmal parallel und quer. Bei Untersuchungen in Aufschlüssen hat der Verfasser in sehr wenigen Fällen fast reine Querregelungen in gestauchten Sequenzen gefunden. Seifert nutzte die Messung der Geschiebeeinregelung zur Gegenkontrolle und fand Einregelungen wie bei den a-Gefügen bei Sandkörnern. Wohl ebenfalls erstmals ermittelte er nicht nur das Streichen der Langachsen länglicher Geschiebe, sondern wertete auch das Streichen von hochkant stehenden plattigen Geschieben aus, das nach seiner Feststellung identisch mit dem Streichen von Geschiebelangachsen war.

Eine wichtige Frage war, wie man bei den Messungen der Geschiebeeinregelung neben der Fließlinie die Fließ**richtung** erkennen könnte. Schon Miller (1884) meinte, dass die Mehrzahl länglicher Geschiebe eine Neigung in Richtung zum Gletschers zeigen würde, eine Ansicht, die viele nachfolgende Quartärgeologen ebenso vertraten. Einige Glazialgeologen bestritten jedoch die Brauchbarkeit dieser Methode (z. B. Lawson 1979, Peterss 1989). Untersuchungsergebnisse des Verf. bestätigten jedoch in der Mehrzahl der Fälle ihre Brauchbarkeit (s. Abb. 5, 8). Abweichungen scheinen meistens mit der Neigung der Oberfläche des Untergrundes zusammenzuhängen. Daher muss sehr darauf geachtet werden, dass die Tillbasis am Ort der Messungen annähernd horizontal liegt. Andernfalls müssen die Basisfläche oder – bei mächtigeren Tills – interne Bewegungsflächen, wie unter Abbildung 5 erläutert, stereographisch in die Horizontale gekippt werden, und das Einfallen der Geschiebelangachsen muss – auf diese Flächen bezogen – räumlich ermittelt werden, ein sehr zeitaufwändiges Verfahren. Eine einfachere Methode, die Fließrichtung zu erkennen, ist die Suche nach bestimmten Geschiebeformen, die sich typischerweise dem Eisfluss entsprechend ausrichten. Das sind z. B. sogenannte ‚Plätteisen-Geschiebe', ‚Kehlgeschiebe' (Regenhardt 1972), ‚Kopf-Schwanz-Geschiebe', allgemein länglich-trianguläre Geschiebe. Die schmaleren und ausspitzenden Enden solcher Geschiebe weisen üblicherweise in Richtung des Eisflusses. Die Erfahrung hat allerdings gezeigt, dass es immer wieder Fälle

gibt, wo solche theoretisch idealen Anzeiger unter dem fließenden Eis in die Gegenrichtung gedreht worden sind. Deswegen ist ein Einzelgeschiebe nicht ausreichend zuverlässig. Es sollten immer mehrere Geschiebe berücksichtigt werden. In der Praxis hat sich die Schnellmethode bewährt, nur die Richtungen von Geschiebelangachsen mit deutlichem Einfallen zu berücksichtigen. Bei ausreichender Zahl von Geschieben ergab sich fast immer eine mehrheitliche Neigung gletscherwärts (Abb. 5, 8).

Bei der Einmessung von Geschiebelangachsen ist die sorgfältige Auswahl des Messbereiches in einem Till entscheidend für die Qualität des Messergebnisses. Der Bereich muss so tief liegen, dass er von periglaziären Destruktionen unberührt geblieben ist. Nach Erfahrungen in Aufschlüssen bedeutet das, dass in den jüngsten weichselzeitlichen Tills tiefer als 0,5 bis 0,8 Meter unter Gelände gemessen werden muss, in saalezeitlichen Tills 1,2 bis 1,8 Meter tiefer, gelegentlich noch tiefer. Vermieden werden muss die Nähe zu ehemaligen Eiskeilen und Frostspalten, die oft noch erheblich tiefer durchschlagen, ebenso die Nähe zu Großgeschieben (Blöcken) und von eingelagerten Schollen aus Fremdmaterial, die den Eisfluss und damit die Regelung von kleineren Langgeschieben erheblich stören konnten. Auch Bereiche mit sehr großer Geschiebedichte sollten ausgegrenzt werden.

Es gab gelegentlich Fälle, wo alle eingesetzten Methoden keine eindeutige Bestimmung der Fließrichtung ermöglichten, so etwa bei der Untersuchung der Grundmoräne im Aufschluss Kreuzfeld (r 44 03400 / h 60 03250), südwestlich von Malente (s. Abb. 9, 10). Die Einregelung langachsiger Geschiebe ergab eine ESE-WNW-Linie. Schrammen auf Geschieben bewiesen, dass es sich um

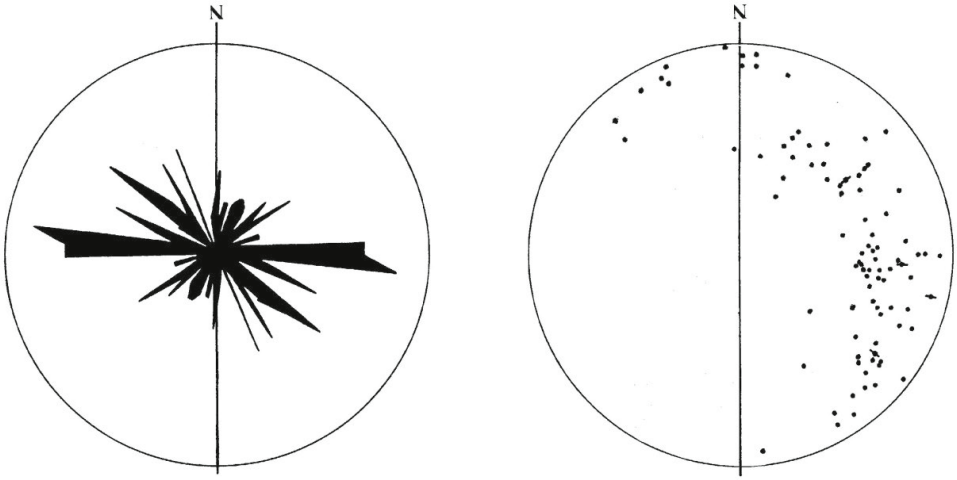


Abbildung 5 Nach Messung des Einfallens von Geschiebelangachsen in einem gestauchten, schräg gestellten Till (Schmidt'sches Netz, untere Lagehalbkugel) stereographisches Zurückkippen der Tillbank in die Horizontale (Rotation des Lotdurchstichs einer ausgeprägten internen Bewegungsfläche im winkeltreuen Netz). Danach wurde der Durchstich jeder Geschiebelangachse mit gleichem Winkel und Grad rotiert, was zum rechten Kreisbild führte. Zuletzt Übertragung der Punkte in eine Richtungsrose (linker Kreis, 5°-Segmente, Kreisradius = 10 %). Durchgestrichene Punkte markieren plattige, hochkant stehende Geschiebe. Ergebnis: Fließrichtung W. Sand-/Kiesgrube Klingberg r 35 86770 / h 59 65750, 91 Messungen; Stephan 1984.

Abbildung 6 Dachziegellagerung länglich-plattiger Geschiebe im ‚mittleren Geschiebemergel' (qsJG) in der Kliffwand vom Hohen Ufer bei Heiligenhafen, Kliffmeter 60. Eisfluss von links (E) nach rechts (W); ehemals r 44 3103 / h 60 2855. Aufnahme: Stephan 1979.

eine Regelung parallel zum Eisfluss handelte. Alle anderen üblichen Mittel, die **Richtung** des Eisflusses zu bestimmen, brachten kein sicheres Ergebnis. Deshalb wurde nach plattigen, wenig festen, damit leicht kritzbaren Sedimentärgeschieben gesucht. Glücklicherweise fanden sich zwei entsprechende Tertiärgeschiebe. Von ihren Kanten erwies sich jeweils eine Kante auf Grund der spezifischen Abrasion durch inglazial darüber hinweggleitende Geschiebe als Stoßseite. Die Fließrichtung konnte mit WNW bestimmt werden und ergab damit die Grundlage, die Gripp'sche Interpretation der Morphologie im östlichen Teil der Holsteinischen Schweiz zu widerlegen (vgl. Kap. C-2).

Problematisch bei der Einmessung von Geschiebelangachsen haben sich Fälle erwiesen, in denen Tills verschieden alter Gletschervorstöße direkt aufeinander lagen oder nur durch geringmächtige Zwischensedimente voneinander getrennt waren. Dabei wiederholte sich oft in den oberen Partien des liegenden Tills das Gefüge des hangenden, jüngeren Tills. Es war offensichtlich durch die jüngeren Schubkräfte überprägt worden. Diese Überprägung kann viele Meter tief reichen. Bei Brüggerholz, nahe Bordesholm, fand sich eine Sequenz glazialer Ablagerungen, in der Scherzonen mit dem Gefüge des jüngeren Gletschervorstoßes bis über zehn Meter tief reichten! Das ältere originäre Gefüge konnte nur an einer Stelle ermittelt werden, wo zwischen beiden Tills ein bis zwei Meter mächtiger Schluff die jüngeren Verformungskräfte unter kräftiger Faltenbildung abgefangen hatte (vgl. Stephan 1980a: Fig. 22). Auch

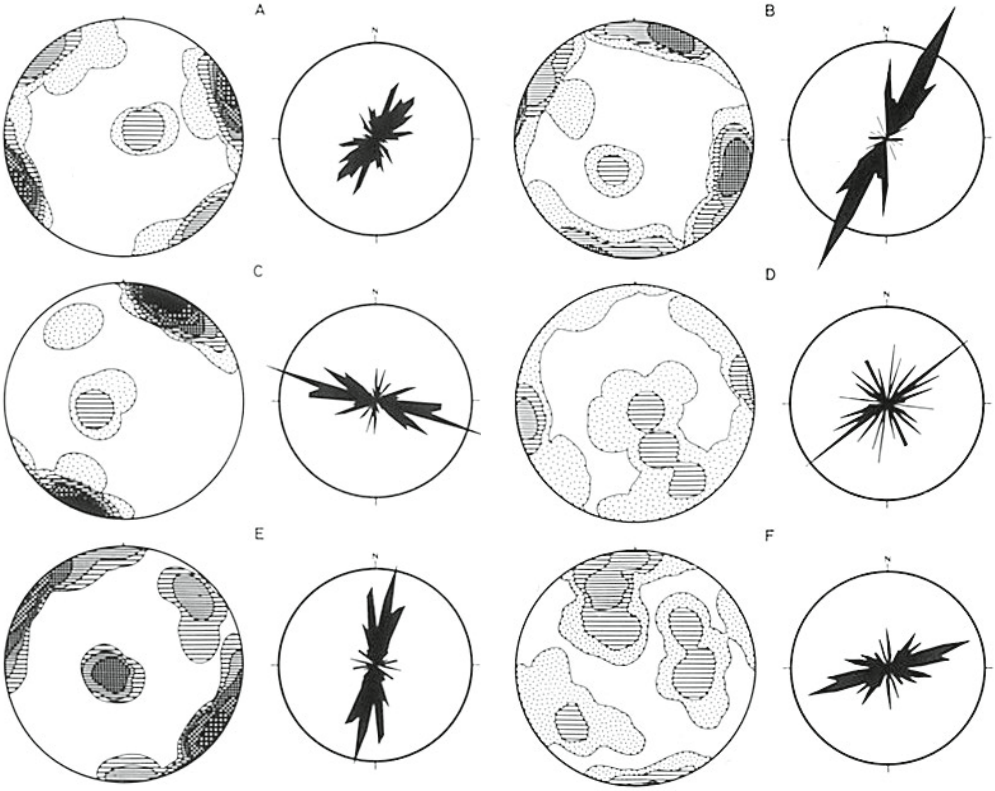


Abbildung 7 Gefügeanalysen in Tills. Linke Diagramme: Pole von Kluftflächen im Schmid'schen Netz, untere Lagehalbkugel. Von gepunktet aufsteigend nach schwarz: 2–5, 5–8, 8–12, 12–16, 16–22, 22–30 und über 30 % der Messungen je Flächeneinheit. Auswertung mit den Auszählnetzen LAMPRO 203 und 212 (Braun 1969). Rechte Diagramme (Rosen): Streichen von Geschiebelangachsen und plattigen hochkant stehenden Geschieben, 5°-Segmente, Kreisradius = 10 %. – A: Brodtener Ufer r 44 261/h 59 849, 44/139 Messungen. B: Flintbek r 35 682/h 60 131, 57/84 Messungen. C: Vaale r 35 233/h 59 845, 50/100 Messungen. D: Pinneberg r 35 516/h 59 491, 69/80 Messungen. E: Kuden r 35 136/h 59 825, 20/109 Messungen. F: Burg/D. r 35 165/h 59 839, 67/138 Messungen. Alle Messungen, Auswertungen und Zeichnungen von Stephan 1982 als Entwurf für Fig. 288 in Ehlers & Stephan 1983.

Bemerkungen: Nur in den Diagrammen B, C, D und F findet man sehr gute bis relativ gute Übereinstimmungen in den räumlichen Ausrichtungen von Korn- und Flächengefügen. Ursache könnte sein, dass die Flächengefüge noch auf letzte und kurzzeitige Druck- und Schubbeanspruchungen reagiert haben, die Einregelungen der Geschiebe dabei aber nicht mehr wesentlich verändert wurden. In den Diagrammen B, C und E deuten Felder mit schwach nach SW bzw. WNW (C) ansteigenden Flächen auf Schubfließen in dieselbe Richtung hin.

der umgekehrte Fall, bank- oder schollenweise Aufnahme eines älteren Tills in die Basis eines jüngeren überdeckenden Tills, könnte gelegentlich vorkommen. Wenn das aufgenommene Material vom jüngeren Eis nicht völlig assimiliert wurde, könnte im untersten Abschnitt der jüngeren Moräne älteres Gefüge auftreten, oder es könnte sich eine Gefügemischung ergeben. Dies ist z. B. in gletscherrandnahen Zonen denkbar, wo der Gletscher auf Grund abnehmender Eismächtigkeit beginnt, am Untergrund wieder festzufrieren (Schollenfazies, Dreimanis 1976).

Zu 2.: Bewegungsflächen im Eis sind in der ausgeschmolzenen Grundmoräne als potenzielle Kluftflächen angelegt und werden durch im Laufe der Lagerung auftretende interne Entspannungen – oft durch äußere Einflüsse bedingt – aktiviert. Hauptbewegungsflächen im frei (unbehindert) fließenden Eis (‚extending flow', Nye 1952) sind subhorizontale a-b-Flächen und dazu senkrechte a-c-Flächen, die parallel zum Eisfluss angelegt sind (Abb. 7). Daneben treten fallweise verstärkt b-c-Flächen (senkrechte Querflächen), gelegentlich auch diagonale Flächen und schräg nach außen aufsteigende Flächen auf (Abb. 7, 8), letzteres bei ‚compressive flow' (Nye 1952), dem ‚Schubfließen' im Sinne von Gripp (1982). Bei mäßig behindertem Fließen werden – bevor sich ein Rotationsgefüge entwickelt – Geschiebe stärker als üblich nach außen aufsteigend eingeregelt. In manchen Fällen kann es zu einer ‚Dachziegellagerung' kommen. Solche Gefüge lassen sehr gut die Gletscherfließrichtung erkennen (Abb. 6).

Eigentlich müsste man erwarten, dass die Gletscher, die aus der Ostseesenke gegen das etwas höher liegende Relief Schleswig-Holsteins aufstiegen, sich immer unter ‚behindertem' Fließen (Schubfließen) vorwärts bewegten. Dass dies nur stellenweise und eingeschränkt feststellbar ist, hängt mit einer besonderen Art der Gletscherbewegung auf dem überflossenen Untergrund zusammen: Sehr viele Beobachtungen lassen den Schluss zu, dass es unter mächtigem Eis an der Gletscherunterfläche zu einem Auftauen kam (u. a. Haas 1890, Wolff 1927) und zwischen Eis und Untergrund eine wasserhaltige bis wassergesättigte oder gar wasserübersättigte Schicht entstand, die – sich ständig umformend – als basale reibungsarme Gleitschicht fungierte (Keller 1974: ‚Eisgleiten'; Boulton & Jones 1979; Piotrowski et al. 1997: ‚deforming bed'). Stephan (1989) bezeichnet die subglaziale Bewegungsschicht nach ihrem Erscheinungsbild in Aufschlüssen als ‚Zone intensiver Scherung', die erst im Endzustand in eine völlig durchmischte Gleitschicht übergeht. Sie ist identisch mit der ‚Sohlmoräne' nach F. Grube (1979), einer speziellen Art der Lokalmoräne, die unter schleswig-holsteinischen Grundmoränen sehr verbreitet ist.

Fazit: Sowohl Geschiebelangachsen als auch Kluft- und Bewegungsflächen im Till können bei sorgfältiger Auswahl des Messbereiches die Richtung des örtlichen

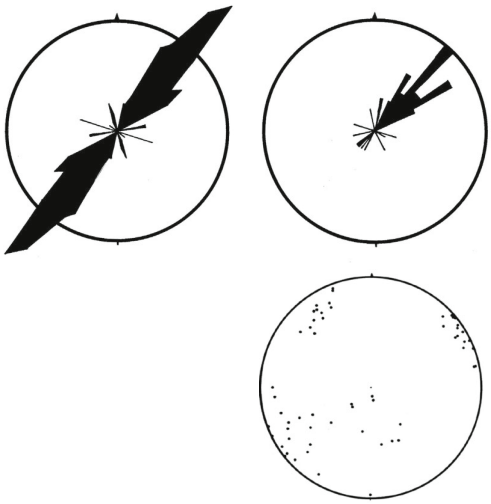


Abbildung 8 Gefügeuntersuchungen in einem weichselzeitlichen Till, 3 m Tiefe, Baugrube Holtenauer Straße 93 in Kiel, r 35 7375 / h 60 2347; oben links (Rose) Einregelung von 58 Geschiebelangachsen, 5°-Segmente, Kreisradius = 10 %; oben rechts Richtungen nach Augenschein deutlich einfallender Achsen, Kreisradius = 5 Geschiebe; unten Flächenpole von Klüften und Scherflächen, 55 Messungen, Schmidsches Netz, untere Lagehalbkugel. Messungen: Stephan 1981.

Bemerkungen: Die Geschiebelangachsen fallen in verschiedene Richtungen ein, jedoch stark mehrheitlich nach NE, was auf Eisfließen nach SW schließen lässt. Diagramm unten: Nach SW ansteigende Scherflächen dokumentieren mäßig ‚behinderten Fluss' (mäßiges ‚Schubfließen') und belegen damit wieder die Fließrichtung SW. a-c-Flächen sind nur im Nordwestsektor vorhanden, offenbar wegen eines leichten Einfallens der a-b-Flächen nach NW. Starke Ausprägung von b-c-Flächen, wahrscheinlich Folge postsedimentärer Entspannung.

Gletscherflusses anzeigen. Die negative Einschätzung von Peterss (1989), das Einfallen der Geschiebelangachsen betreffend, kann nicht bestätigt werden. Bei der Einmessung von Kluftflächen sollten aber bereits länger frei stehende Aufschlusswände, insbesondere Kliffwände nur mit großer Zurückhaltung ausgewählt werden, weil dort das Kluftgefüge stark durch jüngere Entspannungen, die von den Kliffwänden ausgehen, bestimmt sein kann. Das ist wahrscheinlich in Abbildung 7A (Brodtener Ufer) der Grund für die Diskrepanz zwischen Einregelung der Geschiebelangachsen und dem Kluftgefüge.

Die Auswahl der Untersuchungsmethode wird sinnvollerweise vom zu erwartenden Zeitaufwand bestimmt sein. Nach der Erfahrung ist ein Ergebnis am schnellsten bei der Einmessung der Geschiebelangachsen nebst Bestimmung der Fallrichtungen wie in Abbildung 8 oben zu erreichen.

C: KARTEN DES GLETSCHERFLUSSES IN SCHLESWIG-HOLSTEIN

Eine erste Karte des Gletscherflusses, interpretiert nach den jeweils jüngsten glazialen Bildungen, wurde vom Verfasser für eine gemeinsame Übersichtsdarstellung der die Ostsee umrahmenden Staaten schon Ende des letzten Jahrhunderts angefertigt. Sie enthielt auch verschiedene für eine Interpretation taugliche morphologische Elemente (Marks et al. 2003). Diese Karte wurde 2003 auf dem 16. INQUA-Kongress in Reno, Nevada als Poster ausgehängt und erläutert, aber niemals publiziert, weil ein Land nicht bis zur Druckreife mitarbeitete. In den nachfolgend gezeigten Karten wurden neben einigen Lokalitäten mit gut interpretierbaren glaziären Deformationen nur aus den in Grundmoränen untersuchten Gefügen und vereinzelt aus Gletscherschrammen mit ergänzenden Kriterien direkt örtlich abgeleitete Gletscherfließrichtungen zusammengestellt. Morphologische Elemente, wie in den Texten der Kapitel B2-B3 beschrieben und diskutiert, bleiben unberücksichtigt, weil sie die Karten stark überladen hätten. Verständlicherweise beschränken sich die untersuchten Aufschlüsse mit Ausnahme weniger Örtlichkeiten auf die in den verschiedenen Landschaften Schleswig-Holstein oberflächennahen und damit dort jüngsten Gletscherablagerungen. Wo es möglich war, wurden aber auch tiefer liegende Grundmoränen der jeweils vorletzten Vergletscherung untersucht und – farblich abgesetzt – dargestellt.

Im Kärtchen Abbildung 12 sind Fließrichtungen von wenigen Punkten mit elsterzeitlichen Grundmoränen nördlich und südlich der Elbe ausgewiesen.

Die ausgewerteten Messungen stammen überwiegend vom Verfasser. Aus der Literatur oder aus Berichten entnommene wurden von G. Seifert, C. Kabel, J. Ehlers, A. Grube, F. Grube, W. Prange, R. Schmidt, T. Vollmer und einzelne von anderen dokumentiert.

C-1: Karte der oberflächennahen saalezeitlichen und weichselzeitlichen Stauchrichtungen und örtlich jüngsten Gletscher-Fließrichtungen

Die Karte bildet im östlichen Teil Schleswig-Holsteins (Jungmoränengebiet) die Stauch- und Fließrichtungen vorwiegend weichselzeitlicher Gletscher ab (rote Symbole), im westlichen (Altmoränengebiet) saalezeitlicher Gletscher (blaue Symbole). Hier werden die Fließrichtungen des jungsaalezeitlichen Gletschervorstoßes (qsJG) und solche des mittleren saalezeitlichen Gletschervorstoßes (qsMG) nicht getrennt. Beide wurden von Stephan (1980b) dem ‚Warthe-Stadium' der

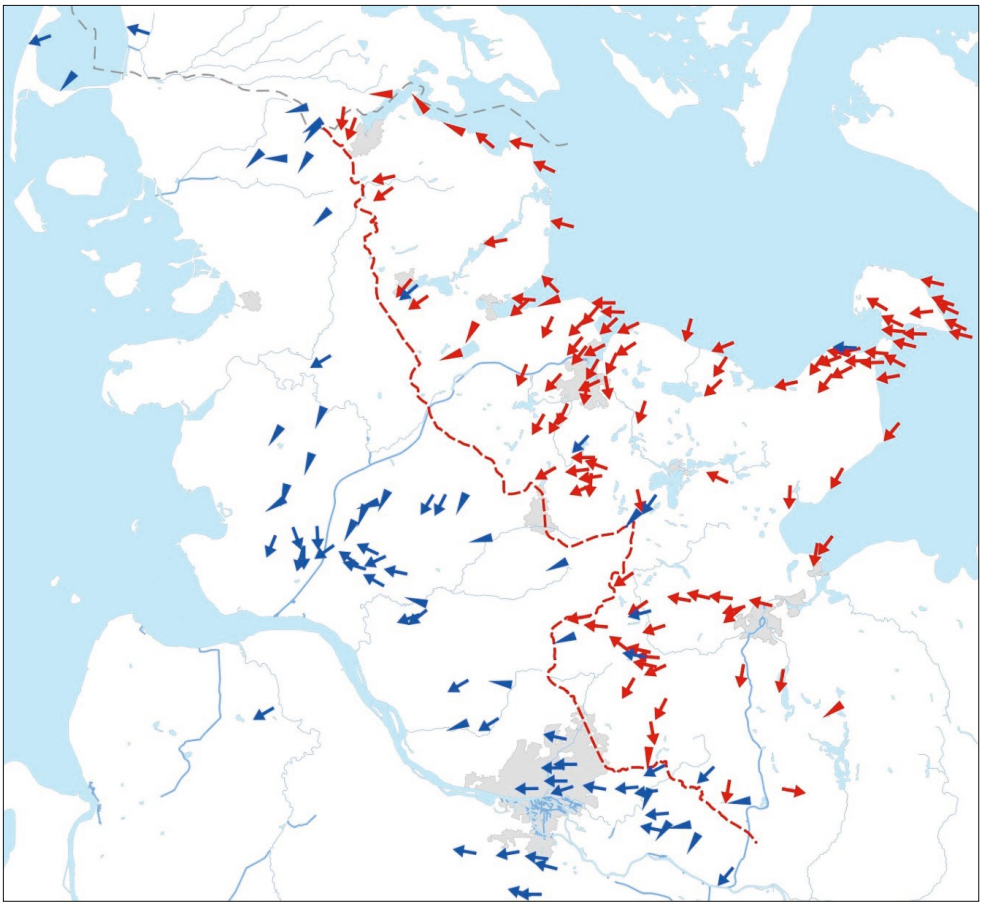


Abbildung 9 Stauchrichtungen (spitze Dreiecke) und jüngste Gletscherfließrichtungen (Pfeile). Rot = qw; blau = qs. Digitale Zeichnung: C. Verdieck.

Saaleeiszeit im Sinne von Woldstedt (1954) zugeordnet. Dem qsJG gehören nur um Hamburg größere Gebiete an, nach Norden hin nur ein schmaler Streifen westlich der Weichsel-Außengrenze. Die übrigen Gebiete sind dem qsMG zuzurechnen. Im Westen des Landes gibt es größere Flächen ohne Eintragungen von Fließrichtungen oder Stauchrichtungen. Das liegt daran, dass dort große Areale von Schmelzwasserablagerungen oder mächtigeren periglaziären Ablagerungen überdeckt sind oder aber Aufschlüsse fehlten. In großen Gebieten mit Stauchungen fanden sich keine ungestörten Grundmoränen.

Rote Pfeile, die auf einen Eisfluss nach Westen, damit Zufluss aus dem Ostseegebiet hinweisen, finden sich einmal im Küstengebiet der Ostsee ab Fehmarn nach Norden (Richtungen des ‚Jungbaltischen Vorstoßes'), blaue Pfeile um Hamburg bis Bad Segeberg und bei Heiligenhafen (= Richtungen des ‚paläobaltischen Vorstoßes' = Fuhlsbüttler bzw. Hennstedt-Vorstoß), außerdem nördlich der dänischen Grenze bei Emmerlev. Im letzteren Fall könnte es sich um baltisches Eis aus der Frühphase des Hennstedt-Vorstoßes handeln, der im Norden offenbar weit nach Westen ausgegriffen

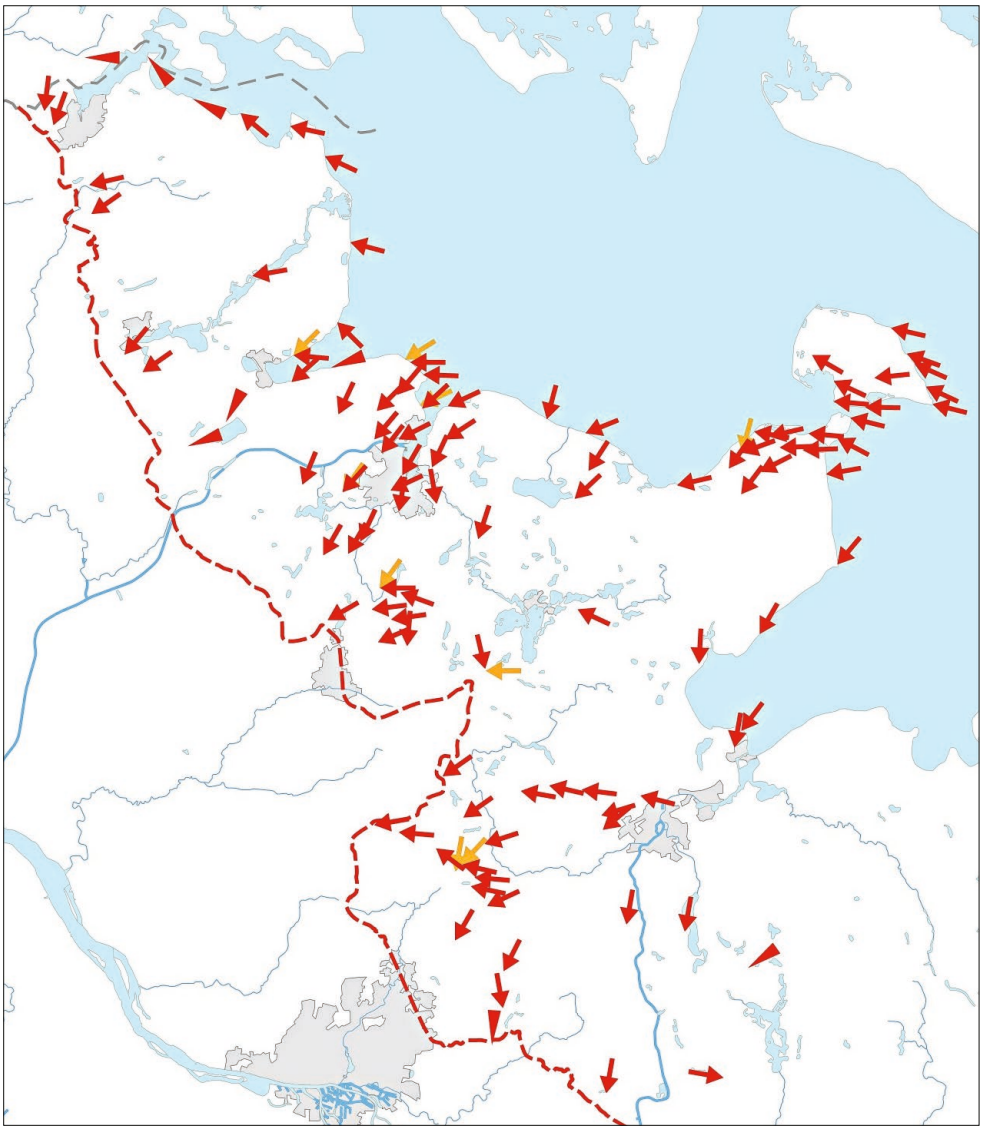


Abbildung 10 Weichselzeitliche Stauchrichtungen (spitze Dreiecke) und Richtungen der örtlich jeweils jüngsten (rot) und vorletzten Gletscherbewegung (orange). Digitale Zeichnung: C. Verdieck.

hat (Stephan 2004, Karte; andere mögliche Deutungen s. Kap. D). Ost-West-Richtungen im Südwesten Holsteins, westlich von Itzehoe, sind Folge eines regionalen seitlichen Gletscherausbruchs aus einem Großlobus, in dem ein östlich der saalezeitlichen Stauchzone Wacken-Warringholz nach Südwesten vorstoßendes Eis Ablagerungen und Deformationen hinterlassen hat. Im sonstigen saalezeitlich vergletscherten Gebiet Schleswig-Holsteins herrschte nach SW gerichteter Eisfluss vor. Im Wesentlichen gilt das auch für das weichselzeitlich vergletscherte Gebiet.

Es wird erkennbar, dass der Eisfluss in Schleswig-Holstein entscheidend von zwei Depressionen aus dem Gebiet der heutigen Ostsee gelenkt wurde. 1. Aus der Mecklenburger/Lübecker Bucht, 2. Aus der Kieler Bucht. Beides sind Becken, die von eiszeitlichen Gletschern schon prä-weichselzeitlich angelegt wurden, das Teilbecken der Lübecker-Bucht nachweislich bereits während der Elstereiszeit.

C-2: Vorstoßrichtungen weichselzeitlicher Gletscher in Schleswig-Holstein

Weichselzeitliche Grundmoränen finden sich nur im östlichen Teil des Landes, im Bereich der ‚Jungmoränenlandschaft'. Dieser Gürtel aus jungen Tills ist zweigeteilt. Die küstennahen Gebiete sind vom Eis des ‚jungbaltischen Gletschervorstoßes' überlaufen worden, in zwei aufeinander folgenden Phasen, der Sehberg- und der Warleberg-Phase. In Stephan (1994 und 2001) wurde dargestellt, wie sich das jungbaltische Eis in die westliche Ostsee vorschob, sich nach Norden hin zunehmend mit nordwestlicher Fließrichtung bewegte, sich insgesamt fächerförmig aufspaltete und in jede sich anbietende Tiefenzone eindrang. Die Pfeile am Rand der Neustädter Bucht (Abb. 9, 10) zeigen, dass das jungbaltische Eis zuletzt nicht mehr in die Tiefenzone westlich von Neustadt eindrang, wie noch bei Stephan (2001) dargestellt.

Abbildung 10 gibt in Küstennähe den letzten Stand nach allen untersuchten Punkten des jungbaltischen Vorstoßes, außerdem die ermittelten Fließrichtungen aus einigen tiefer liegenden älteren weichselzeitlichen Tills wieder. Mehr landeinwärts gehören alle Pfeile zu älteren weichselzeitlichen Vorstößen. Es wird deutlich, dass das Eis auch bereits bei den älteren Vorstößen stark durch vorgegebene Tiefenzonen gelenkt wurde. So hat sich in der Fortsetzung der Depression der Lübecker Bucht und der ‚Lübecker Mulde' das Eis weit nach Südwesten und Süden vorgeschoben und die heutige Grenze der Stadt Hamburg überschritten, dabei einen weiten Lobus etwa von Bad Segeberg bis zum Gebiet des Schalsees geformt. Es ist das Vereisungsgebiet der weichselzeitlichen Brandenburg-Frankfurt-Phase und der frühen Pommern-Phase (vgl. Stephan 2004). Nördlich anschließend hat das Eis einen Lobus bis südlich des Dieksees gebildet, wieder von der Tiefenzone der Lübecker Bucht ausgehend (W-Eisfluss!). Er wird etwas später südwestlich des Großen Plöner Sees randlich von einem Lobus überschoben, der vom Südteil der Kieler Bucht aus vordrang und die weichselzeitliche Außengrenze zwischen Stocksee und Neumünster erreichte. Der rote Pfeil südlich des Dieksees belegt, dass die Gripp'sche Endmoränenkonstruktion im Bereich der östlichen Seen der Holsteinischen Schweiz mit eng gestaffelten, von Norden her zusammengeschobenen Stauchmoränen (Gripp 1949, 1952: Karte) nicht mehr haltbar ist. Das Eis ist von der Lübecker Bucht her in dieses Gebiet eingedrungen, hat das Talgebiet der oberen Schwartau mit drumlinoiden Rücken geformt und ist südlich des Dieksees mit W-Fließrichtung wahrscheinlich bis in den heutigen östlichen Teil des Großen Plöner Sees vorgedrungen.

Vom Raum Kiel bis nach Flensburg dominieren bei den älteren weichselzeitlichen Gletschervorstößen südwestliche Fließrichtungen. Das gilt auch für die Wagrische Halbinsel und für alle älteren weichselzeitlichen Grundmoränen im Bereich der Ostseeküste (orangene Pfeile). Sie sind offensichtlich von einem NE-Eis abgelagert worden. Sehr auffallend ist der kleine weichselzeitlich vergletscherte Bereich westlich von Flensburg. Dort finden sich fast nach Süden gerichtete Pfeile. Von der Richtung dieses ‚Simondys-Eisvorstoßes'

(neuer Name) gibt es nördlich der dänischen Grenze bisher keine Kenntnis. Es ist also unklar, ob es sich bei diesen Grundmoränen um Relikte eines ‚Nordeises' handeln könnte oder aber diese ungewöhnliche Richtung nur den seitlichen Ausbruch von Eis aus einem nördlich von Flensburg zu suchenden Lobus dokumentiert.

Eine sehr ungewöhnliche Fließrichtung dokumentiert ein Pfeil im Südosten Schleswig-Holsteins, südöstlich von Gudow. Er zeigt, dass das weichselzeitliche Eis dort die ursprünglich saalezeitliche Stauchkuppe Segrahner Berg mit ESE- bis E-Richtung (!) überlaufen und abgeschliffen hat. Hier hat der weichselzeitliche Gletscher, der südlich von Lübeck mit fast Südrichtung vorstieß, das saalezeitliche Hindernis – seitwärts zur heutigen Niederung des oberen Boizetales ausbrechend – überwunden. Der Segrahner Berg ist demnach kein saalezeitlicher Nunatak innerhalb des weichselzeitlichen Eisschildes, wie in allen bisherigen geologischen Übersichtskarten für Schleswig-Holstein dargestellt!

C-3: Vorstoßrichtungen saalezeitlicher Gletscher in Schleswig-Holstein

Gegenüber Abbildung 9 sind in Abbildung 11, im Bereich der Jungmoränenlandschaft und östlich von Hamburg (Stemwarde), zusätzlich wenige qsMG-Fließrichtungen eingetragen (grün). Sie wurden in Kreidemergeln oder in einem mäßig kreidereicheren Till (Angeln) des ‚mittleren saalezeitlichen Gletschervorstoßes' (Kuden-Phase) gemessen. Die starke Komponente kretazischen Materials ist in Angeln und auf Fehmarn im Gegensatz zu den Kreidemergeln im südlichen Schleswig-Holstein Fernmaterial, das den Zufluss von ‚Nordost-Eis' beweist, in völliger Übereinstimmung mit der örtlichen Getscherfließrichtung. Im Südosten von Husum zeigt ein blauer Pfeil dieselbe Richtung an. Er gehört zu einem wahrscheinlich kudenzeitlichen oberflächennahen Kreidemergel bei Norderstapel, der sich durch sehr viele und z. T. große Kreidebrocken auszeichnet. Verlängert man den Pfeil nach Nordosten, gelangt man zum Gebiet des Salzstockes Osterby, westlich von Eckernförde. Offenbar ist der Kreidereichtum der Grundmoräne auf dem Stapelholm auf Erosion der Schreibkreide auf dem Salzstock Osterby zurückzuführen. In Südwestholstein und Dithmarschen nahe dem äußeren Rand der oberflächennahen Ablagerungen des Kudenvorstoßes (qsMG) und vermutlich auch auf Sylt (s. Kap. D), gehören die Pfeile des dort vorletzten Gletschervorstoßes (grün) zum Burg-Vorstoß, der jüngeren Phase vom qsAG (‚Drenthe')-Vorstoß. Bei Lägerdorf und auf der Münsterdorfer Geestinsel (Dägeling, s. Abb. 1) sind es mäßig baltisch geprägte Tills, in Süddithmarschen baltische bis rote ostbaltisch geprägte Tills (Stephan 1980), wieder in völliger Übereinstimmung mit der ermittelten Fließrichtung. Es fällt auf, dass im Gegensatz zu den hier für den älteren saalezeitlichen Vorstoß festgestellten W-Richtungen im südlichen Gebiet Hamburgs von Ehlers (zuletzt 2011: Abb. 4.15) für den ‚Drenthe-Vorstoß' ein etwa nach Süden fließendes Eis dokumentiert wurde. Bisher ist nicht klar, ob letzteres zu einer frühen Phase des qsAG-Vorstoßes gehört. Im nördlichen Gebiet Hamburgs wurden in Bohrungen rote baltische Tills tiefer liegend gefunden (Iwanoff 1980; F. Grube 1981; Ehlers 1990: 27 f). Man muss davon ausgehen, dass sie von einem E-Eis abgelagert wurden. Dann fehlten im Süden Hamburgs Ablagerungen des jüngeren, nach W geflossenen Eises. Für noch südlichere Gebiete mit ostbaltischen roten Tills vergleiche man Meyer (2016). Seiner These, dass die roten qs-Tills von Hamburg bis Dithmarschen durch einen vom niedersächsischen ostbaltischen Gletscher-Hauptstrom abzweigenden Teilstrom abgelagert worden seien, kann jedoch nicht zugestimmt

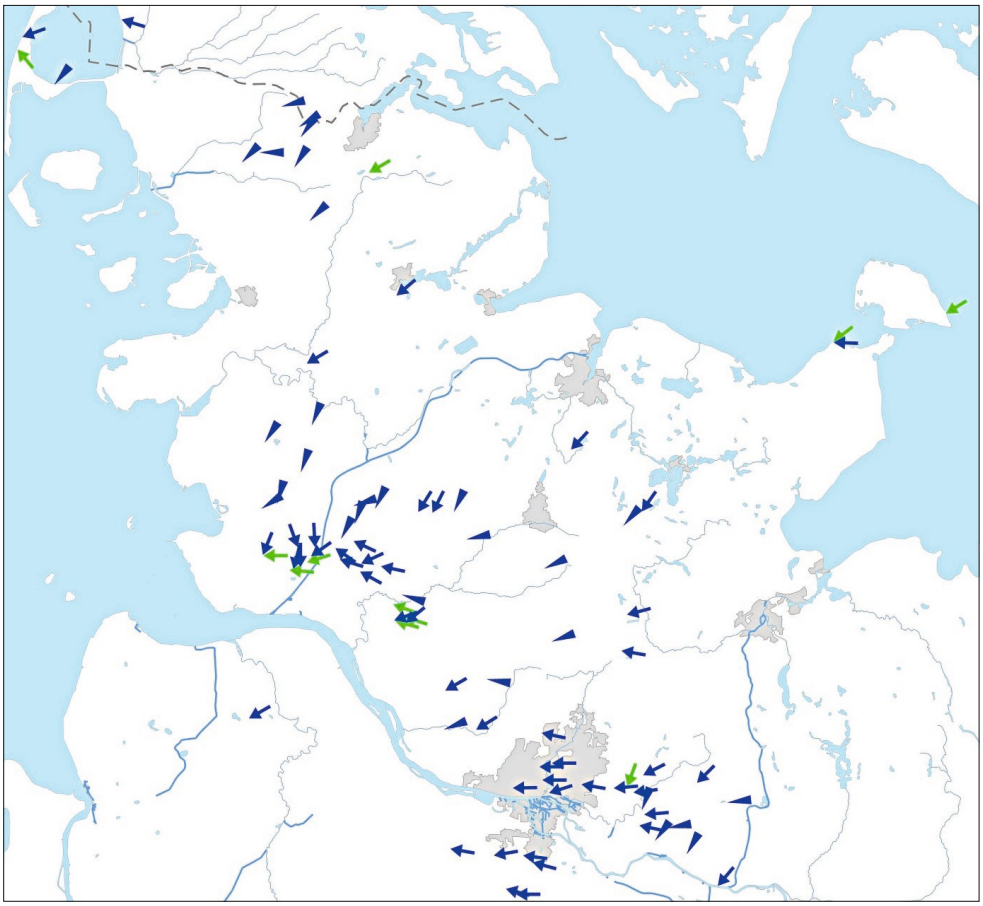


Abbildung 11 Saalezeitliche Stauchrichtungen (spitze Dreiecke) und Richtungen der örtlich jeweils jüngsten (blau) und vorletzten Gletscherbewegung (grün). Digitale Zeichnung: C. Verdieck.

werden. Sie gehören viel wahrscheinlicher zu einem eigenständigen aus der Ostseedepression nach W vorstoßenden Gletscher, der ostbaltisches Material in Form von inglazialen Schollen unvermischt oder zumindest wenig vermischt bis in den Westen Schleswig-Holsteins transportieren konnte.

C-4: Elsterzeitliche Gletscherfließrichtungen

Elsterzeitliche Ablagerungen kommen in Schleswig-Holstein nur an wenigen Punkten bis in die Nähe der Geländeoberfläche, entweder im Bereich von Aufpressungen (in Stauchgebieten) oder von Hochlagen, über den Hebungszentren von Salzstöcken. Für die Ermittlung der Gletscherfließrichtung wurden drei ungestörte Grundmoränen über Salzstockhochlagen im Südwesten untersucht, Kronsmoor, Klein Nordende und Lieth. Vollmer (1987) hielt den Till bei Kronsmoor für saalezeitlich (qsAG). Jedoch zeigen alle älteren saalezeitlichen Grundmoränen in der nahen Umgebung ein E-W-Fließgefüge (Abb. 10). Bei Kronsmoor liegt ein elsterzeitlicher Till direkt auf der Schreibkreide

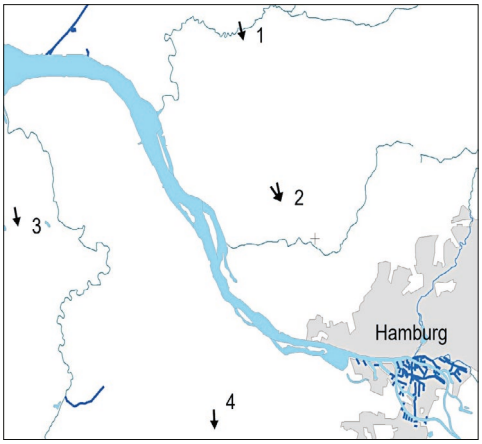


Abbildung 12 Fließrichtungen elsterzeitlicher Gletscher beidseitig der Unterelbe. 1 = Kronsmoor (Vollmer 1987, 2 = Klein Nordende-Lieth, 3 = Hemmoor (Ehlers 1979), 4 = Harsefeld (qe-2 Geschiebesand; eigene Messungen 1980). Messungen bei Klein Nordende: A. Grube u. Stephan, bei Lieth: A. Grube. Digitale Zeichnung: C. Verdieck.

(eigene Beobachtung), daher wird der von Vollmer untersuchte Till als elsterzeitlich eingestuft.

Um eine gewisse räumliche Weite zu erreichen, wurden noch zwei Lokalitäten südlich der Elbe einbezogen. Es ergibt sich, dass die elsterzeitlichen Ablagerungen im Großraum westlich von Hamburg von einem ungefähr nach Süden fließenden Eis abgelagert wurden, also von einem N-Eis stammen, was für die Lokalität Lieth von Vinx et al. (1997) geschiebeanalytisch bestätigt wurde. Aber Hesemann (1937) betont, dass jüngere ‚festländische' elsterzeitliche Ablagerungen in Schleswig-Holstein (östlich von Sylt) ostfennoskandisch geprägt seien (vgl. Kap. D). Stephan (2007) leitete aus den obersten glaziären elsterzeitlichen Schichten der Bohrung Goldelund eine baltisch geprägte Geschiebezusammensetzung ab (vgl. Abb. 13). Derartige baltisch geprägte jüngere elsterzeitliche Ablagerungen sind in Schleswig-Holstein wiederholt gefunden worden (Kabel 1982; Lüttig 1999, 2004). Lüttig nennt diese östliche Fazies ‚qe-E'. Er verweist aber auf die Möglichkeit, dass baltisches Material, das von Osten her durch Flüsse (entsprechend Schmelzwasserflüsse) nach Westen transportiert wurde, von einem von Norden kommenden Gletscher aufgenommen werden konnte, wodurch sich die Zusammensetzung der Geschiebeassoziation ändern würde (Lüttig 2007). Ein solcher Strom mit östlicher Geröllfracht ist im oberpliozänen bis unterquartären ‚Kaolinsand' von Sylt bekannt, mit dem auch grobe Gerölle bis Blockgröße aus dem Gebiet der östlichen Ostsee nach Westen transportiert wurden (von Hacht 1987; vgl. Ehlers 2011: Abb. 2.11). Denkbar ist, dass zumindest ein Teil der in Schleswig-Holstein gefundenen elsterzeitlichen stärker ostfennoskandisch geprägten Geschiebegemeinschaften aus derartig kontaminierten Ablagerungen stammt. Von einem sicher elsterzeitlichen ‚baltischen' Gletschervorstoß mit etwa W-Fließrichtung sind in Schleswig-Holstein bisher in Oberflächennähe keine Ablagerungen gefunden worden. Indirekt kann man aber aus den verschiedenen Vorkommen baltisch geprägter qe-Tills, wie z. B. in der Bohrung Goldelund (s. Abb. 16) oder durch den Fund des klar ostbaltisch geprägten Tills vom Hohen Ufer bei Heiligenhafen (vgl. hierzu Kap. B-1) eine W-Fließrichtung ableiten. Jordan & Kuhn (zit. in Meyer 1976) und Elsner (1987) wiesen im östlichen Niedersachsen sogar eine ostbaltische rote elsterzeitliche Grundmoräne nach, Elsner bei Helmstedt mit der Fließrichtung 260°.

D: DAS PROBLEM SYLT

Auf der Insel Sylt kommen drei verschiedene Grundmoränen (Tilldecken) vor. Die unterste steht als völlig entkalkter und vergleyter

Geschiebelehm an der Basis des ‚Roten Kliffs' zwischen Wenningstedt und Westerland an, großenteils deutlich gestaucht von der diskordant darüber liegenden ‚Hauptmoräne', einem bis maximal fast 20 Meter mächtigen und dann im tiefsten Teil noch als Geschiebemergel anstehenden Till (zuletzt Felix-Henningsen 2018). Der untere Geschiebelehm wurde seit jeher von Quartärgeologen wegen seiner Geschiebeführung (Leitgschiebe vom Oslofjord) einem elsterzeitlichen ‚Nordeis' zugeschrieben. Die darüber liegende ‚Hauptmoräne' führt zwar auch noch Kristallin vom Oslofjord, aber deutlich weniger als der liegende Lehm. Sie wurden als Einarbeitung in die Grundmoräne des überfahrenden jüngeren Gletschervorstoßes gedeutet. Dieser wurde dann als saalezeitlich interpretiert, ohne dass es aber irgendwelche anderen Kriterien gab (vgl. Kabel 1982: 38). An der Basis der Hauptmoräne maß der Verfasser Schrammen auf einem abgeschliffenen Findling um die Linie 140–320° ein. Gleiche Beobachtungen machte Dreimanis während einer INQUA-Exkursion 1985 nach Sylt (pers. Mitt.). Eine ESE-WNW bis SE-NW-Fließlinie ergaben zusätzlich Einmessungen von Geschiebelangachsen im tieferen bis mittleren Teil der Hauptmoräne durch den Verfasser, die jedoch mit bisher 36 Messungen statistisch nicht gut abgesichert sind. Außerdem besteht die Möglichkeit, dass diese Einregelung ein B-Gefüge (Rotationsgefüge) abbildet (vgl. Foto mit Faltung in Felix-Henningsen 1979 und 2018: Abb. 14, 16; Stephan & Menke 1993: Abb. 3; Streichen der Faltenachse um die Linie 135–315°), verursacht durch Stauchung des Gletschers, der den darüber liegenden ‚oberen Geschiebelehm' ablagerte (vgl. unten, Kliffabschnitt bei Kampen).

Wenn man den Gletscher, der die Hauptmoräne ablagerte, als Verursacher der

Abbildung 13 Unten in der Kliffwand steht gestauchter graugrüner elsterzeitlicher Geschiebelehm an, schräg nach etwa ESE einfallend. Darüber liegt oberhalb des rost-braunen Bandes die diskordante ‚Hauptmoräne'. Aufnahme: H.-E. Stremme 1974.

Stauchungen des liegenden elsterzeitlichen Tills ansieht, sollten die Stauchfalten im Liegenden eine Aussage zur Bewegungs**richtung** dieses Gletschers ermöglichen. Sie weisen auf einen Eisdruck aus ESE hin (Abb. 13). Auch die Gleitschicht unter der Hauptmoräne, im Norden von Wenningstedt freigelegt und untersucht (Abb. 14), weist auf eine nach West gerichtete Bewegung hin. Insgesamt festigt sich damit der Eindruck, dass die Hauptmoräne zu einem ‚baltischen' Gletscher gehören müsste, der aus südöstlicher Richtung das Inselgebiet überflossen und erodiert hat. Eine baltische Leitgeschiebegemeinschaft wurde jedoch offenbar in der Hauptmoräne bisher nicht nachgewiesen. Das aber wäre nach der in Kap. B-1 und C-4 geführten Diskussion über Vermischungen der Geschiebefracht von verschiedenen Vergletscherungszentren und Gletscherwegen kein Ausschlusskriterium für eine ursprünglich baltische Herkunft. Für diese spricht zudem das Vorkommen einer Lage bis Schliere eines rotbraunen Tills im höchsten Teil der Hauptmoräne, deren Kleingeschiebe von Ehlers (Fraktion 5–20 mm; unpubl.) und von Kabel (1982, Fraktion 4–6,3 mm) untersucht wurden (Abb. 16-1b, -1c), ebenso die Zusammensetzung der Kleingeschiebe in einer tonigen Lage am Top des Haupttills (Abb. 16-1a). Die für den Nachweis eines ‚baltischen Tills' besonders charakteristischen Karbonatgesteine (Dolomite und paläozoische Kalke), fehlten leider in den verwitterten, entkalkten Proben.

Bei Kampen liegt eine jüngere ‚obere Moräne' als Geschiebelehm mit deutlichen Deformationen aufgeschoben auf die Hauptmoräne (Abb. 15). Glaziäre Störungen prägen das Bild der Kliffwand auf einer Strecke von ca. einem Kilometer ab Kampen nach Süden. Weiter südlich sind die jüngeren Schichten komplett erodiert, und erst zwischen Wenningstedt und Westerland liegt in einer flachen Depression wieder ein geringmächtiger Rest einer ‚oberen Moräne', hier nur durch periglaziäre Deformationen gestört. Nach Kabel (1982: Profil 1 und Abb. 7; Beprobung 1979) dürfte in einem kurzen Kliff-Abschnitt südlich von Wenningstedt/Seestraße noch einmal ‚obere Moräne' vorkommen (bei Felix-Henningsen 1979 als ‚Stillwasserabsatz' gedeutet), hier aber durch einen Schmelzwassersand von der ‚Hauptmoräne' getrennt. In einem Foto von J. Ehlers aus dem Jahr 1978 (unpubl.) ist zu erkennen, dass unter dem Schmelzwassersand und über der Hauptmoräne noch eine mächtige

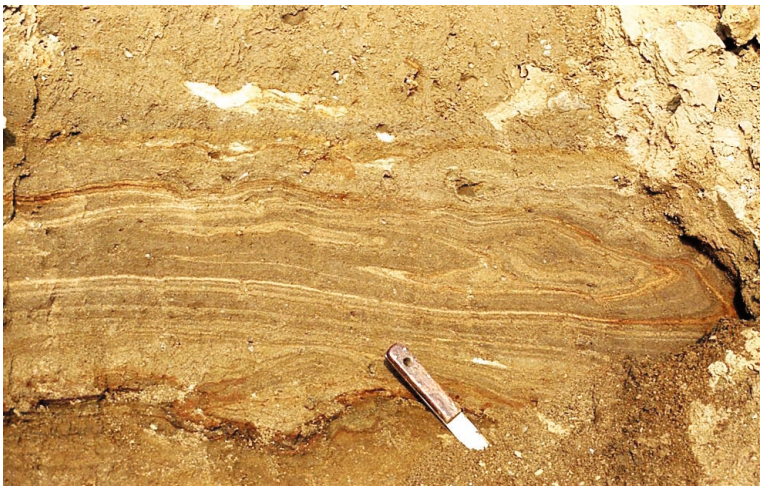


Abbildung 14
Sohlmoräne (‚deforming bed', Piotrowski et al. 1997) unter der Basis der Hauptmoräne am Roten Kliff, nördlich von Wenningstedt. Nach links (W) ausgeschleppte Isoklinalfalte. Aufnahme: Stephan 1982.

Abbildung 15 Nordende des Roten Kliffs bei Kampen. Aufschiebung des ‚oberen' Tills auf einen älteren sehr sandigen Till (Geschiebesand) (subhorizontale Partie in der Bildmitte). Weiße Schleier sind Flugsand von der Strandvorspülung. Aufnahme: Stephan 2017.

Kryoturbationszone mit intensiver Verbrodelung eingeschaltet ist. Damit ist klar, dass es zwischen der Ablagerung beider Moränen zumindest eine längere Zeit mit Eisfreiheit gegeben haben muss.

Einregelungen grober Geschiebe bei Kampen sprechen für eine Eisbewegung nach WSW während der jüngeren Überfahrung. Bei Wenningstedt, wieder statistisch zu wenig abgesichert und unsicher, könnte die jüngere Überfahrung mehr nach W gerichtet sein.

Die Kleingeschiebeuntersuchungen von Kabel (1982: 41–42) haben zwischen Hauptmoräne und oberer Moräne keine wesentlichen für eine stratigraphische Zuordnung brauchbaren Unterschiede ergeben. Zu gleichen Ergebnissen kam J. Ehlers 1977–1978 (pers. Mitt.).

In Abbildung 16 sind Gruppenanalysen verschiedener Autoren von Kleingeschieben der Hauptmoräne (‚Haupttill') (meistens Durchschnittsergebnisse mehrerer Analysen) zum Vergleich mit solchen der jeweils jüngsten elsterzeitlichen Tills von drei Lokalitäten aus dem westlichen Schleswig zusammengestellt worden. Letztere sind entweder eindeutig ‚baltische' Tills (C) oder wahrscheinlich (B), belegt durch die spezifischen Karbonatgesteine (mit Dolomit (D)!) und unterstrichen durch geringe Flint (F)- und Quarzführung (Q). Leitgschiebeanalysen von G. Lüttig ergaben für die ausgewählte Tillprobe aus der Bohrung Oldenswort und ebenso aus noch weiteren zehn Metern Till darunter eine ‚Elster-E'-Charakteristik, für den zerspülten Till aus den Bohrungen bei Leck eine ‚Elster-W'-Charakteristik, damit also in beiden Fällen zumindest den wahrscheinlichen Ausschluss eines ‚Nordeises' als Transportmedium. Die jeweils deutliche Komponente an Quarz muss auf die Aufnahme der quarzreichen pliozänen Flussablagerungen, die lokal und regional verbreitet im Untergrund anstehen, durch den schürfenden Gletscher zurückgeführt werden. Exemplarisch baltische Tills werden in Abbildung 16 trotz der Entkalkung und damit des Fehlens der für die Bestimmung so

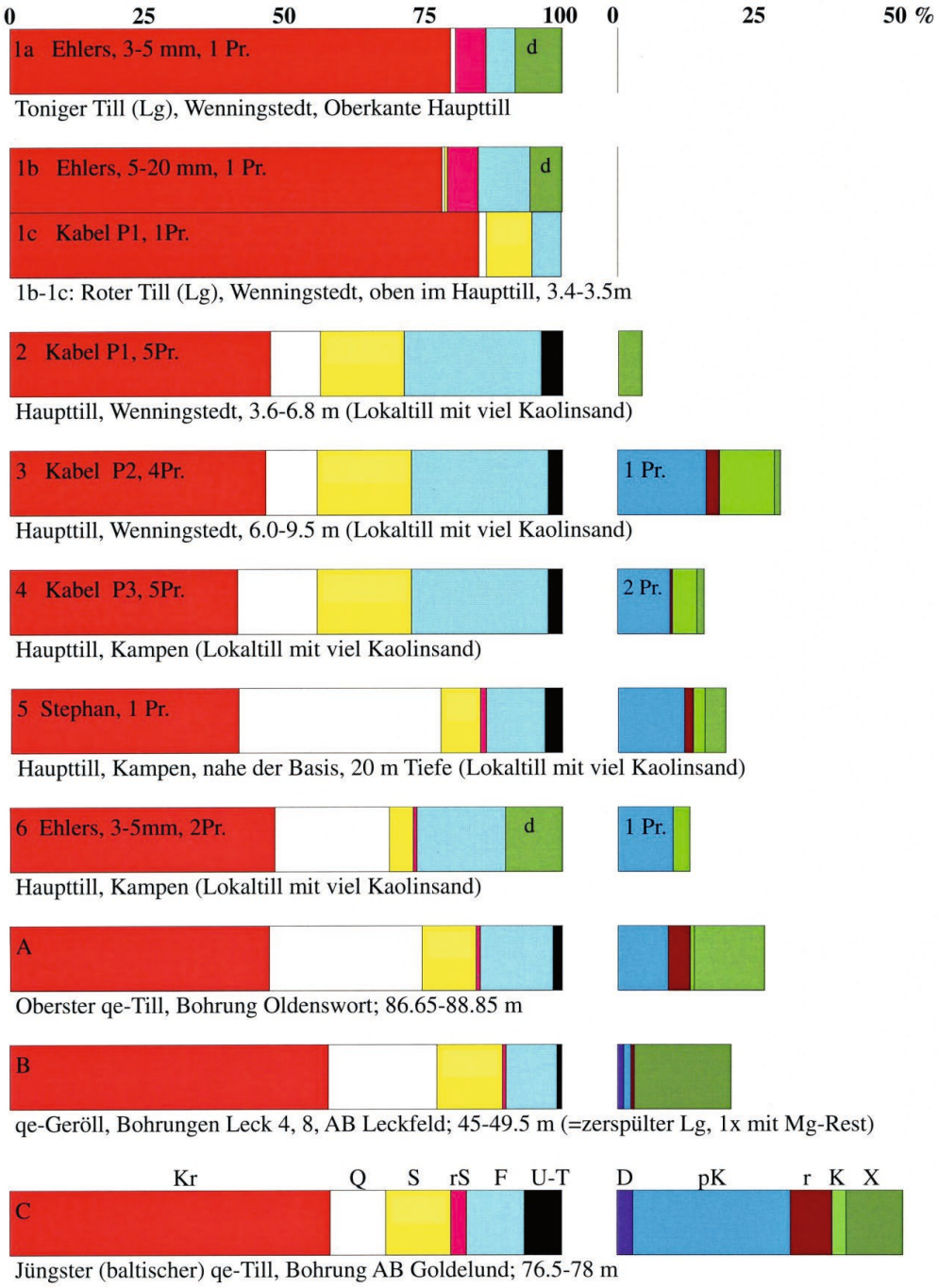


Abbildung 16 Sylt, Rotes Kliff. Analysen von Kleingeschiebe-Gesteinsgruppen im ‚Haupttill' (1–6), verglichen mit elsterzeitlichen Tills aus dem westlichen Schleswig (A–C).

wichtigen Karbonatgesteine in den Proben 1a bis 1c erkennbar, 1b und 1c aus der Lage mit rotem Till im obersten Abschnitt der Hauptmoräne entnommen: Quarze sind wegen des Fehlens von Kontakten mit dem vom Gletscher überflossenen Untergrund nur in geringem bis sehr geringem Ausmaß in den Till aufgenommen worden. Weit mehr als 50 % der Sandsteine sind nach Angaben von Ehlers und von Kabel (1982) rote Sandsteine, die in ‚svecobaltischen Tills' in dieser Gesteinsgruppe oft dominieren (vgl. Kap B-1). Die Proben für die Balken 2 bis 6 wurden an verschiedenen Profilen und aus verschiedenen Horizonten des ‚Haupttills' entnommen. Wurden im selben Profil mehrere Proben untersucht, sind für jede Gesteinsgruppe die Mittelwerte aufgetragen. Bei den Anteilen der verschiedenen Gesteinsgruppen im Balkendiagramm werden Unterschiede erkennbar. Besonders Quarzgehalte schwanken z. T. stark von Probe zu Probe und damit von Horizont zu Horizont, was auf unvollständige Durchmischung hinweist und damit auf starke lokale bis kleinregionale Aufnahme von Quarz aus dem Untergrund. Die Proben 5 und – eingeschränkt und bezogen auf den Kristallinanteil auch noch 6 – zeigen mit geringem Flintanteil die Tendenz zu einem baltischen Till, wenn man den hohen Quarzanteil wieder auf die Einarbeitung der liegenden pliozänen Sande in das Moränenmaterial zurückführt, besonders bei der Basis-nahen Probe 5. Die Proben 2 bis 4 weichen deutlich ab. Es ist nicht auszuschließen, dass sich darin Unterschiede in der Gesteinsansprache der genannten Autoren spiegeln. Alle Proben von 2 bis 6 enthalten aber nur wenige Karbonatgesteine. Hierin ähneln sie stark den elsterzeitlichen Proben A und B. Die Probe C, die aus einem ausgeprägt baltischen Till mit Tendenz zu ostbaltisch stammt, hat ähnlich kleine Sandstein- und Flintkomponenten, unterscheidet sich aber in den anderen Gesteinsgruppen deutlich. Der geringere Quarzanteil muss auf die östlichere Lage des Bohrpunktes zurückgeführt werden, wo noch kein quarzreiches kiesiges Pliozän vom Gletscher aufgearbeitet wurde. Die große Gruppe der paläozoischen Karbonatgesteine (pK) erklärt sich mit deren geringer Vermischung beim Transport vom Ursprungsgebiet im heutigen östlichen Ostseegebiet bis zum Ablagerungsort bei Goldelund. Keine Ähnlichkeiten bestehen mit Analysen von Proben der ‚älteren saalezeitlichen Grundmoräne' aus Südwestholstein oder aus Bohrungen Nordfrieslands und von der Halbinsel Eiderstedt (eigene Untersuchungen). Eine Parallelprobe von der noch kalkigen Hauptmoräne im Roten Kliff wurde von Kollegen vom Geologischen Dienst Brandenburgs (LGBR) analysiert (Methode CEPEK, 4–10 mm). L. Lippstreu schrieb dazu am 13. 2. 2004 (Auszug): „eine flint- und sandsteinreiche, aber kalksteinarme Moräne. Nach brandenburgischen Zuordnungskriterien müsste ‚Ihre Drenthemoräne' von uns formal in die Elster-Kaltzeit gestellt werden, aber eben nur formal! Nach unseren Kriterien sprächen auch die vielen roten Kalksteine für Elster." Offenbar war die Zusammensetzung dieser Probe in der untersuchten etwas gröberen Fraktion etwas verschieden von derjenigen der nicht weit entfernt genommenen Probe 5, ausgenommen wieder die erwähnte Armut an Kalksteinen.

Die Gesamtheit aller Analysen lässt am ehesten auf baltische (wahrscheinlich svecobaltische) Provenienz der Tills der ‚Hauptmoräne' vom roten Kliff schließen, in Übereinstimmung mit der nachgewiesenen Fließrichtung. Eine Verwandtschaft besteht eher zu elsterzeitlichen als zu saalezeitlichen Tills im

Bemerkungen zu Abb. 16: Mit Ausnahme von 1 a–1 b und 6 wurde in allen Proben die Fraktion 4–6,3 mm untersucht. In 1c und 2–4 sind rote Sandsteine nicht gesondert dargestellt, in 1 a–b und 6 sind Schluff- bis Tonsteine (U–T) und einige Sandsteinvarietäten unter ‚d' subsummiert. B: Die kiesigen Geröllproben sind fast völlig entkalkt. Lg = Geschiebelehm. Kr – X: vgl. Erläuterungen zu Abb. 1, jedoch K und xK zusammengefasst.

westlichen Schleswig. Die ausgeprägte und tief reichende Verwitterung der ‚Hauptmoräne' (Felix-Henningsen 1979, 2018) wäre gut mit einer holsteinzeitlichen Bodenbildung auf elsterzeitlicher Grundmoräne in Einklang zu bringen, schon deutlich schwieriger mit allein post-saalezeitlichen Verwitterungsphasen. Ähnlich tiefe Verwitterungen wurden in Schleswig-Holstein bisher nur in oberflächennahen elsterzeitlichen Ablagerungen beobachtet (z. B. Stephan 1980 b, Abb. 17). Somit ist nicht auszuschließen, dass am Roten Kliff nicht die ‚Hauptmoräne' (der Haupttill) sondern die ‚obere Moräne' von Sylt mit der ‚älteren saalezeitlichen Grundmoräne qsAG' zu korrelieren ist. Sie wäre auf der Hochfläche zwischen Westerland und Kampen weitgehend abgetragen worden. Der Nachweis einer baltischen bis ostbaltischen Grundmoräne während des saalezeitlichen Burgvorstoßes (s. Kap. B-1 und C-3) mit westlicher Fließrichtung könnte aber ebenso die These stützen, dass die Hauptmoräne zu einem nördlichen Verbreitungsgebiet der Grundmoräne dieser letzten Phase des ‚älteren saalezeitlichen Gletschervorstoßes qsAG' (= jüngste Drenthe) gehört.

Die verschiedenen Analysen legen den Schluss nahe, dass alle Gletscher, die die am Roten Kliff angeschnittenen Grundmoränen ablagerten, die jeweiligen älteren Ablagerungen im Liegenden sehr stark erodiert und in ihre Grundmoränen eingearbeitet haben. Im mittleren bis nördlichen Abschnitt des Kliffs (Hochflächenbereich) dürfte elsterzeitliches Eis über weite Strecken Kaolinsand aufgearbeitet haben. Letzteres trifft auch auf andere Teile der Insel Sylt zu, wie z. B. das Gebiet um Braderup, ebenso auf den südlichen Rand von Westerland, wo im Untergrund z. T. grober ‚Kaolinkies' ansteht. Im Ostteil der Insel müssen verschiedene tertiäre Ablagerungen von den sie überfahrenden Gletschern erodiert worden sein (Stauchzone bei Morsum). Im Gebiet von Westerland könnte vielleicht auch tertiärer (miozäner) Glimmerton in die älteste (elsterzeitliche) Grundmoräne eingearbeitet worden sein. Eine relative Hochlage des Glimmertons im Bereich des Roten Kliffs wird in geologischen Schnitten bei Meyn (1876, Profile 2 und 3) erkennbar. Stark von tertiärem Material aus dem lokalen Untergrund geprägte Grundmoränen wären entsprechend im gesamten Inselbereich zu erwarten. Es gibt jedoch selten Reste einer Grundmoränendecke. Verbreitet kommen dagegen eine Steinsohle und eine sehr lockere Blockbestreuung vor. Eine sichere stratigraphische Zuordnung der verbliebenen Tills ist wegen der starken Überprägung des Ausgangsmaterials durch die Aufnahme tertiären Materials und besonders wegen der ausgeprägten Verwitterung und damit des weitgehenden Verlustes der Karbonatgesteine bisher nicht möglich.

Fazit: Eine Klärung der komplexen Sequenz am ‚Roten Kliff' steht noch aus.

Folgenden Personen aus dem ehemaligen Geologischen Landesamt Schleswig-Holstein und dem LANU/LLUR in Flintbek, auf deren Zuarbeit oder Hilfestellung zurückgegriffen werden konnte, ist der Verfasser zu Dank verpflichtet: Den Herren H. Glaubke und V. Ohland für die Aufbereitung von Geländeproben, Frau W. Bienert, Frau B. Kaczierek und Herrn S. Neumann für die fachtechnische Aufbereitung von Kiesproben, Frau B. Hock für die Zuarbeit bei der Feinkies-Bestimmung, Frau M. Jagusch und besonders Frau C. Verdieck vom LLUR für zeichentechnische und digitale Zeichenarbeiten, außerdem Frau F. Stephan für die Assistenz bei der Messung von Geschiebeeinregelungen. Herrn Dr. J. Ehlers danke ich für die Überlassung von petrographischen Untersuchungsergebnissen der verschiedenen Tills vom Roten Kliff/Sylt und von einem Kliff-Foto aus dem Jahr 1978.

LITERATUR

Boulton, G.S. & A.S. Jones (1979): Stability of temperate ice caps and ice sheets resting on beds of deformable sediment. Journal of Glaciology 24, 29–43.

Braun, G. (1969): Computer calculated counting nets for petrofabric and structural analysis. Neues Jahrbuch für Mineralogie Mh. 1969 H. 10, 469–476.

Dames, W. (1886): Die Glacialbildungen der norddeutschen Tiefebene.- In: Virchow, R. & W. Wattenbach (Hrsg.), Sammlung gemeinverständlicher wissenschaftlicher Vorträge 20. Serie, H. 479, 1–44. Berlin (Carl Habel).

Dreimanis, A. (1976): Tills: Their origin and properties. In: Legget, R.F. (ed), Glacial Till – An interdisciplinary study. pp. 11–49. Ottawa.

Ehlers, J. (1979): Gefügekundliche und sedimentpetrographische Untersuchungen im Pleistozän der Kreidegrube Hemmoor (Nordwest-Niedersachsen). Geologisches Jahrbuch A 49, 27–37.

Ehlers, J. (1983): Glacial deposits in North-West Europe. Rotterdam (Balkema).

Ehlers, J. (1990): Untersuchungen zur Morphodynamik der Vereisungen Norddeutschlands unter der Berücksichtigung benachbarter Gebiete. Bremer Beiträge zur Geographie und Raumplanung 19, 1–166. Bremen (Druckerei Univ.).

Ehlers, J. (1992): Origin and distribution of red tills in North Germany. Sveriges Geologiska Undersökning Ca 81, 97–105. Uppsala.

Ehlers, J. (2011): Das Eiszeitalter. Heidelberg (Spektrum Akademischer Verlag).

Ehlers, J. & H.-J. Stephan (1979): Forms at the base of till strata as indicators of ice movement. Journal of Glaciology 22 No. 87, 345–355.

Ehlers, J. & H.-J. Stephan (1983): Till fabric and ice movement. In: Ehlers, J. 1983, 267–274.

Elsner, H. (1987): Das Quartär im Tagebau Schöningen der Braunschweigischen Kohlenbergwerke AG, Helmstedt. Unveröff. Diplomarbeit Univ. Hannover, Fachbereich Erdwissenschaften. Hannover.

Felix-Henningsen, P. (1979): Merkmale, Genese und Stratigraphie fossiler und reliktischer Bodenbildungen in saalezeitlichen Geschiebelehmen Schleswig-Holsteins und Süd-Dänemarks. Diss. Univ. Kiel (Inst. f. Pflanzenernährung u. Bodenkunde).

Felix-Henningsen, P. (2018): Norddeutsches Vereisungsgebiet. In: H.-P. Blume u.v.a. (Hrsg.) Handbuch der Bodenkunde 4.5.3.3.1, 42. Erg. Lfg. 01/17, 2–28. Weinheim.

Forchhammer, J.G. (1847): Die Bodenbildung der Herzogthümer Schleswig, Holstein und Lauenburg. Beilage zur Festgabe der 11. Versammlung Deutscher Land- und Forstwirte in Kiel 1847.

Gagel, C. (1910): Die Gliederung des Schleswig-Holsteinischen Diluviums. Geologisches Jahrbuch 1910, H. 2, 193–252, 9 Taf.

Gottsche, C. (1883): Die Sedimentärgeschiebe Schleswig-Holsteins. Yokohama.

Gottsche, C. (1898): Die Endmoränen und das marine Diluvium Schleswig-Holsteins, Teil 2. Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft in Hamburg 14, 1–74.

Gripp, K. (1949): Glazialmorphologie und geologische Kartierung, zugleich eine Deutung der Oberflächenformen Ost-Holsteins. Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft 99 (1947), 190–205.

Gripp, K. (1952): Die Entstehung der Landschaft Ostholsteins. Ein Gespräch mit reiferen Schülern als Erläuterung zur Karte der Eisrandlagen Ost-Holsteins. Meyniana 1, 119–129, 1 Karte.

Gripp, K. (1955): Eisbedingte Lagerungsstörungen. Geologische Rundschau 43, 39–45.

Gripp, K. (1973): Grundmoräne und Geschiebepflaster. Meyniana 23, 49–52.

Gripp, K. (1974): Untermoräne – Grundmoräne – Grundmoränenlandschaft. Eiszeitalter und Gegenwart 25, 5–9.

Gripp, K. (1982): Die Grundmoränen des durch Schub und des durch Zerrung fließenden Eises. In: Schlüchter, C. & J. Rabassa (eds), Tills and related deposits. pp. 111–112. Rotterdam (Balkema).

Grube, A. (1997): Geologie des Deckgebirges der Salzstruktur Elmshorn (Schleswig-Holstein). Berichte – Reports. Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Kiel 87, 1–169, 1 Taf. 16 S. Anhang. Kiel.

Grube, A. (2014): Die Eiszerfallslandschaft Hevenbruch im Stadtwald Lübeck (Kreis Herzogtum Lauenburg, Schleswig-Holstein. Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg 48, 203-220.

Grube, F. (1969): Zur Geologie der weichseleiszeitlichen Gletscherrandzone von Rahlstedt-Meiendorf. Ein Beitrag zur regionalen Geologie von Hamburg. Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg N.F. 13 (1968) 141–193, Abb. A–B, 1 Tafel.

Grube, F. (1979): Zur Morphogenese und Sedimentation im quartären Vereisungsgebiet Norddeutschlands. Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg N.F. 23, 69-80.

Grube, F. (1981): The subdivision of the Saalian in the Hamburg Region. Meddedelingen Rijks Geologische Dienst 34, H. 4, 15–25.

Haas, H. J. (1889): Die geologische Bodenbeschaffenheit Schleswig-Holsteins. Kiel (Lipsius u. Tischer).

Haas, H. J. (1890): Betrachtungen über die Art und Weise, wie die Geschiebemergel Norddeutschlands zur Ablagerung gelangt sind. Mitteilungen aus dem Mineralogischen Institut der Universität Kiel 1, 11–136.

Haas, H. J. (1896): Zur geologischen Bodenbeschaffenheit. In: Haas, H.J., Krumm, H. & F. Stoltenberg (Hrsg.), Schleswig-Holstein meerumschlungen in Wort und Bild. 26–34. Kiel (Lipsius u. Tischer).

Henningsen, D. & H.-J. Stephan (2000): Die Schwermineral-Verteilung im Quartärprofil der Forschungsbohrung Tüschenbek (Schleswig-Holstein). Eiszeitalter und Gegenwart 50, 50–55.

Hesemann, J. (1937): Geschiebeuntersuchungen in Schleswig-Holstein. Jahrbuch der Preußischen Geologischen Landesanstalt 57, 418–434.

Houmark-Nielsen, M. (1987): Pleistocene stratigraphy and glacial history of the central part of Denmark. Bulletin of the geological Society of Denmark 36, H. 1-2, 1–189.

Iwanoff, A. (1980): Zur Quartärgeologie im Raum Langenhorn – Glashütte. Unveröff. Diplomarbeit. (Univ. Hamburg, Fachbereich Geowissenschaften) Hamburg.

Kabel, C. (1982): Geschiebestratigraphische Untersuchungen im Pleistozän Schleswig-Holsteins und angrenzender Gebiete. Diss. Univ. Kiel.

Keller, G. (1974): Glazitektonik als Wirkungsfeld exogener Dynamik. Eiszeitalter und Gegenwart 25, 48–53.

Köster, R. (1958): Experimente zur glazialen Faltung. – Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie 1958 Mh., 33–40.

Lawson, D.E. (1979): A comparison of the pebble orientation in ice and deposits of the Manatuska Glacier, Alaska. Journal of Geology 87, 629–645.

Lüttig, G. (1957): Geschiebezählungen als Hilfsmittel für die Erforschung des Eiszeitalters und seiner wirtschaftlich wichtigen Lagerstätten. Umschau 1957, H. 13, 403–405.

Lüttig, G. (1991): Erratic boulder statistics as stratigraphic aid – Examples from Schleswig-Holstein. Newsletter of Stratigraphy 25, H. 2, 61–74.

Lüttig, G. (1999): Geschiebestatistische Anmerkungen zur Quartärstratigraphie des nordischen Vereisungsgebietes. Eiszeitalter und Gegenwart 49, 144–163.

Lüttig, G. (2004): Ergebnisse geschiebestatistischer Untersuchungen im Umland von Hamburg. Archiv für Geschiebekunde 3, H. 8-12, 729–746; Greifswald.

Lüttig, G. (2007): Crescit-tabescit: Glacies. Glaziologisch-wissenschaftsphilosophische Betrachtungen. Archiv für Geschiebekunde 4, H. 10, 609–642. Hamburg

Marks, L., J.A. Piotrowski, H.-J. Stephan, S. Fedorowicz & J. Butrym (1995): Thermoluminescence indications of the Middle Weichselian (Vistulian) Glaciation in Northwest Germany. Meyniana 47, 69–82.

Marks, L., R. Guobyte, V. Kalm, I.E. Pavlovskaja, M. Rattas, H.-J. Stephan, V. Zelćs, W. Gogolek, T. Bielecki & J. Kocyla (2003): Map of Weichselian directional ice-flow features of Central and Eastern Europe. XVIth INQUA Congress, Reno Nevada, Programs with Abstracts. pp. 117–118 (map in the poster presentation).

Meyer, K.-D. (1981): Die rote Gesteinsscholle von Schobüll bei Husum (Schleswig-Holstein) – Rotliegendes oder Old Red? Meyniana 33, 1–7.

Meyer, K.-D. (1976): Studies on ground moraines in the northwest part of the German Federal Republic, in: Till, its genesis and diagenesis; panel discussion. UAM Geografia 1976, 217–221. Poznán.

Meyer, K.-D. (2016): Die ostbaltischen roten Geschiebemergel in Norddeutschland – Ablagerungen von Gletscherströmen? In: Meyer, K.-D. & W. Roland (2016): Eisströme – Dynamik und Sedimente an Beispielen des Quartärs von Norddeutschland. Geologisches Jahrbuch A 161, 9–85.

Meyn, L. (1876): Geognostische Beschreibung der Insel Sylt und ihrer Umgebung: nebst einer geognostischen Karte im Maßstab von 1 : 100000. Abhandlungen zur geologischen Specialkarte von Preußen, Bd. 1, H. 4, 605–759, 2 Taf. mit Profilen 1 Karte. Berlin.

Miller, H. (1884): On boulder glaciation. Proceedings of the Royal Physical Society of Edinburgh 8, 156–189.

Milthers, V. (1909): Scandinavian Indicator-Boulders in the Quaternary Deposits. Danmarks geologiske Undersögelse 2. R. 23, 1–153.

Milthers, V. (1934): Die Verteilung skandinavischer Leitgeschiebe im Quartär von Westdeutschland. Abhandlungen der Preußischen Geologischen Landesanstalt N. F. 156, 1–54.

Nye, J. F. (1952): The mechanics of glacier flow. Journal of Glaciology 2, H. 12, 82–93.

Peterss, K. (1989): Zur Ermittlung der Eisbewegungsrichtungen im Nordteil der DDR. Wissenschaftliche Zeitschrift der Ernst Moritz Arndt Universität Greifswald, mathematisch-naturwissenschaftliche Reihe 38, H.1-2, 42–53. Greifswald.

Picard, K. (1958): Das Werden der Landschaft Westholsteins. Geologisches Jahrbuch 76, 209–222.

Piotrowski, J. A. (1993): Salt diapirs, pore water traps and permafrost as key controls for glaciotectonism in the Kiel area, northwestern Germany. In: Aber, J. S. (ed), Glaciotectonics and mapping glacial deposits. pp. 86–98. Winnipeg (Hingwell Printing Ltd.).

Piotrowski, J., U. Döring, A. Harder, R. Quadirie & S. Wenghöfer (1997): Deforming bed conditions on the Dänischer Wohld Peninsula, northern Germany. Boreas 26, 73–77.

Portalla, P., A. Grube & J. Newig (2015): Gletscherschliff auf Findlingen – Ungewöhnliches Geschiebepflaster an der Südküste Fehmarns bei Staberhuk. Natur- und Landeskunde 122, H. 9-10, 181–189. Husum.

Prange, W. (1983): Fabric analyses from Weichselian glacial deposits in Schleswig-Holstein. – In: Ehlers 1983, 321–324.

Pratje, O. (1933): Der glaziale Untergrund der heutigen Sedimente im Bornholmer Becken. Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft 85, 730–739.

Regenhardt, H. (1972): Das Kehlgeschiebe, eine neue Form der Gletschererosion. Zeitschrift für Geomorphologie N. F. Suppl. 13, 26–31 Foto 1-4.

Richter, K. (1932): Die Bewegungsrichtung des Inlandeises, rekonstruiert aus den Kritzen und Längsachsen der Geschiebe. Zeitschrift für Geschiebeforschung 8, 62–66.

Schlüter, G. (1978): Geschiebezählungen im Altmoränengebiet Schleswig-Holsteins. Der Geschiebesammler 12, H. 2/3, 3–12.

Schlüter, G. (1980): Geschiebezählungen im südlichen Geestgebiet Dithmarschens. – Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein 50, 57–69.

Schwarzbach, M. (1978): Glazigene Sichelmarken als Klimazeugen. Eiszeitalter und Gegenwart 28, 109–118.

Seifert, G. (1952): Gletscherschrammen auf Fehmarn (Schleswig-Holstein). Die Naturwissenschaften 39, H. 23, 551.

Seifert, G. (1953): Gefüge-Untersuchungen im Diluvium nördlich des Oldenburger Grabens und der Insel Fehmarn. Unveröff. Bericht Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein. Kiel.

Simon, W. G. (1937): Geschiebezählungen und Eisrandlagen in Südost-Holstein. – Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft und des Naturhistorischen Museums Lübeck 39, 1–21. Lübeck.

Sjörring, S. (1983): The glacial history of Denmark. In: Ehlers 1983, 163-179.

Smed, P. (1993): Indicator studies: a critical review and a new data-presentation method. Bulletin of the Geological Society of Denmark 40, 332-340.

Smed, P. (2000): Über den Hesemann-Milthers-Streit und die von Hesemann verwendete Abbildungsmethode für Geschiebezählungen. Geschiebekunde aktuell 16, H. 4, 127-131.

Smed, P. (2002): Steine aus dem Norden: Geschiebe als Zeugen der Eiszeit in Norddeutschland. Deutsche Übersetzung und Bearbeitung durch Jürgen Ehlers. 2. Aufl. Berlin (Borntraeger).

Stephan, H.-J. (1971): Glazialgeologische Untersuchungen im Raum Heiligenhafen (Ostholstein). Meyniana 21, 67-86, 2 Taf.

Stephan, H.-J. (1980a): Bordesholm-Brüggerholz, Jungmoränenlandschaft, Genese und Lithologie; Bodenbildung des Eem-Interglazials. In: Stremme, H.E. & B. Menke (Bearb.), Quartär-Exkursionen in Schleswig-Holstein zur 7th Session of IGCP Project 24, Schleswig-Holstein, Germany, 21.9.–23.9.1980. pp. 59–70, fig. 16–22. Kiel, Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein.

Stephan, H.-J. (1980b): Glazialgeologische Untersuchungen im südlichen Geestgebiet Dithmarschens. Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein 50, 1–36.

Stephan, H.-J. (1982): The subdivision of the glacial Pleistocene in Schleswig-Holstein and problems of correlations with adjacent areas. 11. INQUA-Congress 1982, Moskva, Abstracts, Vol. 2, 313. Moscow.

Stephan, H.-J. (1984): Tektonische und lithostratigraphische Untersuchungen im Aufschluss Klingberg (TK 2127, Leezen). 2. Unveröff. Bericht Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein vom 9.4.1984. Flintbek, Geologisches Landesarchiv.

Stephan, H.-J. (1985a): Deformations striking parallel to glacier movement as a problem in reconstructing its direction. Bulletin of the Geological Society of Denmark 34, 47–54.

Stephan, H.-J. (1985b): Exkursionsführer Heiligenhafener ‚Hohes Ufer'. Der Geschiebesammler 18, H. 3, 83–99.

Stephan, H.-J. (1987): Moraine stratigraphy in Schleswig-Holstein and adjacent areas. In: van der Meer, J.J.M. (ed), Tills and Glaciotectonics. pp. 23–30; Rotterdam (Balkema).

Stephan, H.-J. (1989): Origin of a till-like diamicton by shearing. In: Goldthwait R.P. & Matsch, C.L. (eds), Genetic Classification of Glacigenic Deposits. pp. 93–96. Rotterdam (Balkema).

Stephan, H.-J. (1994): Der Jungbaltische Gletschervorstoß in Norddeutschland. Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein 64, 1–15.

Stephan, H.-J. (1998): Geschiebemergel als stratigraphische Leithorizonte in Schleswig-Holstein; ein Überblick. Meyniana 50, 113–135.

Stephan, H.-J. (2001): The Young Baltic advance in the western Baltic depression. Geological Quarterly 45, H. 4, 359–363. Warszawa.

Stephan, H.-J. (2003): Zur Entstehung der eiszeitlichen Landschaft Schleswig-Holsteins. Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein 67, 101–118.

Stephan, H.-J. (2004): Karte der Stauchgebiete und Haupt-Gletscherrandlagen in Schleswig-Holstein 1: 500.000. Meyniana 56, 149–154, 1 Karte.

Stephan, H.-J. (2006): Ellund-Formation. In: LithoLex [Online-Datenbank]. Hannover: BGR. Last updated 14.5.2007. Record No. 1006002. Available from: http//www.bgr.bund.de/litholex.

Stephan, H.-J. (2007): Goldelund-Formation. In: LithoLex [Online-Datenbank]. Hannover: BGR. Last updated 15.11.2007. Record No. 1006022. Available from: http//www.bgr.bund.de/litholex.

Stephan, H.-J. (2011): Geschiebestratigraphische Untersuchungen im Bereich der Stauchmoräne Kisdorfer Wohld, Südholstein und in ihrem Hinterland. Geschiebekunde aktuell Sonderh. 9 (Festschrift K.-D. Meyer) 113–124.

Stephan, H.-J. (2014): Climato-stratigraphical subdivision of the Pleistocene in Schleswig-Holstein, Germany and adjoining areas. Quaternary Science Journal 63, H. 1, 3–18.

Stephan, H.-J. (2016): Drumlins, Geschiebepflaster und Oser auf Fehmarn – mit Bemerkungen und Ergänzungen zu Portalla, Grube & Newig in Natur- und Landeskunde 122, H. 9-10. Natur- und Landeskunde 123, H. 1-3, 28–37.

Stephan, H.-J. & J. Ehlers (1983): North German till types. In: Ehlers 1983, 267–274.

Stephan, H.-J. & B. Menke (1993): Das Pleistozän in Schleswig-Holstein. Berichte aus dem Geologischen Landesamt Schleswig-Holstein 3, 19–62. Kiel.

Strehl, E. (2017): Duvenstedter Berge und Wittensee – ein perfektes glaziales System. Natur- und Landeskunde 124, H. 1-3, 45–46. Husum.

Vinx, R., A. Grube & F. Grube (1997): Vergleichende Lithologie, Geschiebeführung und Geochemie eines Prä-Elster I-Tills von Lieth bei Elmshorn. Leipziger Geowissenschaften 5, 83–103.

Vollmer, T. (1987): Glazialtektonische Beobachtungen an Moränen in Südwest-Holstein. Meyniana 39, 71–83.

von Hacht, U. (1987): Spuren früher Kaltzeiten im Kaolinsand von Braderup/Sylt. In: v. Hacht, U. (Hrsg.), Fossilien von Sylt 2, 269–278. Hamburg.

Westgate, J.A. (1968): Linear sole markings in Pleistocene till. Geological Magazine 105, No. 6, 501–505.

Woldstedt, P. (1954): Saaleeiszeit, Warthestadium und Weichseleiszeit in Norddeutschland. Eiszeitalter und Gegenwart 4/5, 34-48.

Wolff, W. (1927): Einige glazialgeologische Probleme aus dem norddeutschen Tiefland. Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft 79 B Monatsberichte, 342–360.

Zeise, O. (1889): Beitrag zur Kenntnis der Ausbreitung, sowie besonders der Bewegungsrichtung des nordeuropäischen Inlandeises in diluvialer Zeit. Inaugural-Diss. Albertus Univ. Königsberg.

FLOW DIRECTIONS OF ICE-AGE GLACIERS IN SCHLESWIG-HOLSTEIN

Hans-Jürgen Stephan

Different methods for determinating flow directions of ice-age glaciers in Schleswig-Holstein are described: Focussing large areas by studies of the glacial debris, additional the local movement of ice by special investigations of groundmoraines (tills) or of deformations of underlying sediments created by glacier ice. The utility of used methods is critically discussed, giving examples of exposure investigations. In maps (Abb. 9–11) flow directions oft the locally youngest ice advances are compiled. It becomes visible that surface-near deposits in Schleswig-Holstein mainly originated by ice advances from NE and E. Single remakable discrepancies are found in the SE, in southern Dithmarsia, and in the northwest of Flensburg. Elsterian groundmoraines (Abb. 12) exposed at few sites in the area of the Lower Elbe river deliver evidence for a N-S ice flow. The complicated conditions on the island of Sylt are discussed in chapter D.

Hans-Jürgen Stephan
hanjuest@t-online.de
Köhlstraße 3
24159 Kiel

SUBMITTED 05-04-2018 ACCEPTED 28-08-2019 ONLINE 16-03-2020 © 2020 The Author